

S. 104-110. – DOI 10.31563/1684-7628-2021-57-1-104-110. – EDN GYKRSO.

3. Strikunov, N.I. Tekhnologicheskie osnovy komponovki oborudovaniia semiaochistitelnykh linii / N.I. Strikunov, S.V. Lekanov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – No. 1 (207). – S. 99-104. – DOI 10.53083/1996-4277-2022-207-1-99-104. – EDN ASIVDE.

4. Galkin, V.D. Tekhnologii, mashiny i agregaty posleuborochnoi obrabotki zerna i podgotovki semian / V.D. Galkin, A.D. Galkin, S.L. Eliseev; Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Permskii gosudarstvennyi agrarno-tekhnologicheskii universitet imeni akademika D.N. Prianishnikova». – Perm: IPTs Prokrostie, 2021. – 234 s. – ISBN 978-5-94279-505-4. – EDN DDEGEG.

5. Toropov, V.R. Posleuborochnaia obrabotka zerna i semian na selskokhoziaistvennykh predpriatiiakh Sibiri s razlichnym resursnym obespecheniem / V.R. Toropov // Nauchno-tekhnicheskii progress v selskokhoziaistvennom proizvodstve.

Agrarnaia nauka – selskokhoziaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusi i Bolgarii: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: v 2 t. / RUP «NPTs NAN Belarusi po mekhanizatsii selskogo khoziaistva». – Minsk, 2016. – T. 1. – S. 176–179.

6. Grishin, D.O. Primenenie tsentrobezhnovozdushnogo separatora v posleuborochnoi obrabotke zerna i semian / D.O. Grishin // Nauka i molodezh: Materialy KhIKh Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, Barnaul, 18–22 apreliia 2022 goda. – Barnaul: Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. I.I. Polzunova, 2022. – S. 14-16. – EDN QWUFZH.

7. Ivanov, N.M. Tekhnologii i tekhnika dlia posleuborochnoi obrabotki zerna i semian / N.M. Ivanov, N.I. Strikunov, S.V. Lekanov. – Novosibirsk: GU Redaktsiia zhurnala "Sibirskii vestnik selskokhoziaistvennoi nauki" SO RASKhN, 2021. – 276 s. – EDN WDZPMX.



УДК 629.018
DOI: 10.53083/1996-4277-2023-223-5-85-91

Л.О. Круш, Д.А. Галин
L.O. Krush, D.A. Galin

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ
ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ
ОТ НАЛИЧИЯ НЕГЕРМЕТИЧНОСТИ В СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ВОЗДУХА**

**DETERMINATION OF CHANGES OF INDEX VALUES OF THE ELEMENTS
OF ELECTRONIC ENGINE CONTROL SYSTEM FROM PRESENCE OF LEAKS IN AIR SUPPLY SYSTEM**

Ключевые слова: диагностирование, технологическое оборудование, электронный блок управления, двигатель, агропромышленный комплекс, автотранспортное средство, датчик, анализ, зависимость, электронная система управления двигателем.

Keywords: diagnostics, technological equipment, electronic control unit, engine, agro-industrial complex, motor vehicle, sensor, analysis, dependence, electronic engine control system.

Приведены результаты исследования по определению значений показателей элементов электронной системы управления двигателем в зависимости от наличия негерметичностей в системе подачи воздуха. Для проведения исследования применены стенд двигателя ВАЗ-21114 и специализированное диагностическое оборудование Сканматик PRO. Условиями проведения исследования являются: полная герметичность всех узлов и сопутствующих систем; полная работоспособность всех датчиков и исполнительных устройств электронной системы управления двигателем; фиксированное значение регулятора подачи дросселированного количества воздуха при оборотах двигателя от 840 до 880. По результатам исследования определено, что наибольшее изменение показателей при наличии негерметичностей в системе подачи воздуха в двигатель автомобиля приходится на показатель неравномерности вращения коленчатого вала. Увеличение показателя происходит в 3,3 раза от рабочего значения показателя – 8,25 и 2,5 соответственно. Также определено значительное уменьшение значения угла зажигания в 2,5 раза, относительно рабочих показателей. При этом значительно изменяются показатели массового расхода воздуха и длительности импульса впрыска топлива, которые снижают показатели пропускаемого через датчик количества воздуха в 1,75 раза и увеличивают длительность импульса впрыска топлива в 1,28 раза соответственно, относительно рабочих показателей при температуре двигателя 90°C. Наглядно определено, что при полностью работоспособных элементах электронной системы управления двигателем наличие негерметичности вносит изменения в работу двигателя автомобиля, при этом электронный блок управления двигателем адаптируется под условия наличия поступления неучтенного количества воздуха. В данном случае рекомендуется после считывания кодов ошибок с электронного блока управления двигателем обязатель-

но проводить диагностирование системы подачи воздуха в двигатель с применением специализированного технологического оборудования.

This paper discusses the research findings on the determination of the index values of the elements of the electronic engine control system, depending on the presence of leaks in the air supply system. To conduct the study, the VAZ-21114 engine stand and specialized diagnostic equipment Scanmatik PRO were used. The conditions of the study were as following: complete tightness of all components and related systems; full operability of all sensors and actuators of the electronic engine control system; fixed value of the throttled air supply regulator at engine speeds from 840 to 880. It was determined that the greatest change in the indices in the presence of leaks in the air supply system to the car engine falls on the index of uneven rotation of the crankshaft. The increase of the index occurs 3.3 times from the working value of the index - 8.25 and 2.5, respectively. A significant decrease in the ignition angle value 2.5 times was also determined relative to the operating parameters. At the same time, the indices of the air-mass flow and duration of the fuel injection pulse change significantly which reduce the amount of air passed through the sensor 1.75 times and increase the duration of the fuel injection pulse 1.28 times, respectively, relative to operating parameters at the engine temperature of 90°C. It is clearly determined that with fully functional elements of the electronic engine control system, the presence of leaks makes changes in the operation of the car engine while the electronic engine control unit adapts to the conditions of the presence of an unaccounted amount of air. In this case, it is recommended that after reading the error codes from the electronic engine control unit, it is mandatory to diagnose the engine air supply system using specialized technological equipment.

Круш Леонид Олегович, аналитик, аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

Галин Дмитрий Александрович, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, e-mail: dagalin@yandex.ru.

Krush Leonid Olegovich, analyst, post-graduate student, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

Galin Dmitriy Aleksandrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, e-mail: dagalin@yandex.ru.

Введение

При эксплуатации двигателей внутреннего сгорания (ДВС) все показатели элементов электронной системы управления (ЭСУ) двигателем, к которым относятся датчики, исполнительные устройства, блок управления (бортовой компьютер) и пр., сложным образом влияют на эксплуатационные характеристики автомобилей [1]. При возникновении каких-либо неисправностей в блоке ЭСУ нарушается работа ДВС, если неисправности возникают в других элементах, может

пострадать работоспособность и других систем автомобиля, так как показания одних и тех же датчиков используются в их управлении [2]. Кроме неисправностей ЭСУ, часто возникают и неисправности в самих узлах и системах автомобиля, при этом возникает проблема качественной, отдельной диагностики и отыскания типа, причин(ы) и локализации дефекта, так как часто диагностирование элементов ЭСУ показывает, что сами они оказываются в исправном (работоспособном) состоянии. Решение этой

проблемы вносит свои особенности в процесс диагностирования, технологию карту диагностики и др. [3].

При оперативном диагностировании ДВС специалистом на станции технического обслуживания (СТО), либо при проведении технического обслуживания перед и после рабочей смены, используется такой диагностический критерий, как устойчивая работа ДВС на холостом ходу (при частоте вращения коленчатого вала 840-880 об/мин.). Значения этого критерия могут иметь различные вариации: ровная работа ДВС, неустойчивая работа ДВС – «троение» или «двоение», нарушение работоспособности ДВС (остановка). Этот критерий имеет особо важное значение в области диагностирования автомобилей, эксплуатируемых в условиях предприятий АПК, а также личных автомобилей в условиях городской езды. Данный критерий зависит от многих факторов и систем, при этом наиболее часто на него влияет негерметичность (НГ) в системе подачи воздуха (СПВ), при полном работоспособном состоянии всех иных систем и узлов (топливная система, цилиндро-поршневая группа и иные) [2, 4].

Цель исследования – определение изменения значений показателей элементов ЭСУ ДВС от наличия НГ в его СПВ для отыскания наиболее чувствительных к этому дефекту датчиков штатной ЭСУ.

Материалы и методы

Для исследования зависимости изменения показателей элементов ЭСУ двигателем от наличия негерметичностей в его СПВ, выбранной на основании ранее проведенных исследований [3], применяли типовую методологию мониторинга показателей на специализированных (технологических, учебных и пр. стендах) [5, 6]. Используемый в работе технологический стенд двигателя ВАЗ-21114 представлен на рисунке 1.

В качестве диагностического оборудования использовали программно-аппаратный комплекс, состоящий из: ПК Acer с ОС Windows, адаптера Сканматик SM2-PRO, интерфейса и кабелей для подключения к штатной ЭСУ автомобиля через стандартный диагностический разъем OBD-2 (SAE J1962) и специализированного ПО: Сканматик 2 PRO (v. 2.21.22).

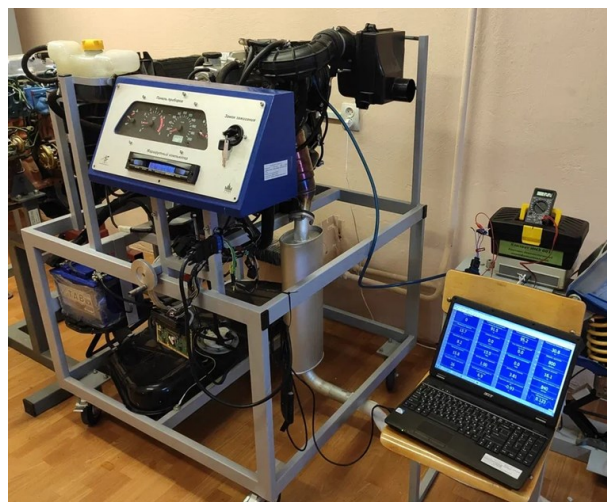


Рис. 1. Технологический стенд двигателя ВАЗ-21114

При проведении исследования реализовывали следующую типовую программу [4-8, 10]:

- 1) подготовка технологического стенда к проведению исследований: проверка герметичности всех соединений топливной системы и СПВ; проверка работоспособности датчиков и исполнительных устройств ЭСУ; проверка иных систем. Обязательным условием является полностью работоспособное состояние всех элементов и узлов электронной системы управления двигателем, а также сопутствующих систем;
- 2) подключение диагностического оборудования к электронному блоку управления ДВС;
- 3) запуск технологического стенда;
- 4) установка режима прогрева;
- 5) мониторинг изменения показателей до состояния полного прогрева (рабочая температура 90°C);
- 6) Фиксирование всех показателей в режиме прогрева;
- 7) Фиксирование всех показателей при достижении рабочей температуры. Осуществляется с целью мониторинга работоспособности всех систем ДВС в соответствии с базовыми значениями показателей, установленных в заводских условиях, указанных в технической документации к двигателю. Измерения проведены при частоте вращения коленчатого вала 840-880 об/мин.;
- 8) Симуляция наличия НГ в СПВ ДВС;
- 9) Фиксирование изменения показателей диагностической системой (рис. 2).

При этом специализированными калибрами, в предварительных экспериментах [11], определили, что наибольшее значение площади сече-

ния НГ, при котором двигатель неработоспособен, равно 14,5 мм² (критическая НГ).



Рис. 2. Показатели диагностического оборудования

Результаты исследований и их обсуждение

Изначально нами предполагалось, что важным диагностическим показателем является положение регулятора холостого хода (ХХ), который сам собой представляет отдельную систему, автоматически поддерживающую нормальную работу ДВС на обедненной смеси при 840-880 об/мин. Поэтому первоначально необходимо было определить и зафиксировать регулятор ХХ в положении, при котором не будет происходить изменения его значений, так как при наличии НГ в системе подачи воздуха двигателя данный регулятор будет проводить автоматические корректировки в процессе работы, и тем самым влиять и на значения показателей других датчиков.

Для этого экспериментально были установлены диапазон и шаг регулировок ХХ таким образом, что получилось 30 значений этого параметра. Дополнительно, после каждого замера регулятора ХХ необходимо проводить операцию сброса обучения блока ЭСУ ДВС, так как эта система при своей нормальной работе адаптируется под неисправность, чтобы поддерживать ДВС в работоспособном состоянии, влияя тем самым на значения показателей других датчиков. В результате этого в ЭСУ происходит «появление» новых неисправностей (ошибок), при этом объективное диагностирование становится затруднительным.

Затем нами проведены исследования по определению влияния искусственной НГ в СПВ на изменение значений отдельных диагностических показателей, фиксируемых на стенде (табл.).

По результатам анализа данных таблицы, можно сделать вывод, что наличие критической НГ в СПВ ДВС наибольшее влияние оказывает на следующие показатели: массовый расход воздуха; длительность импульса впрыска топлива; неравномерность вращения коленчатого вала.

Графическое изображение результатов нашего исследования позволяет наглядно сравнить эти диагностические показатели по информативности и относительной чувствительности (рис. 3).

Как следует из анализа данных рисунка, уменьшение диагностического показателя массового расхода воздуха в 1,75 раза, который снижается при поступлении неучтенного количества воздуха через критическую НГ, площадью 14,5 мм², связано со снижением пропускаемого через датчик воздуха относительно рабочих показателей при температуре 90°С без исследуемого модельного дефекта.

Увеличение диагностического показателя длительности импульса впрыска топлива, который при поступлении неучтенного воздуха через критическую НГ увеличивается в 1,28 раза относительно рабочих показателей, происходит по

причине корректировки ЭСУ ДВС величины угла опережения зажигания, который снижается в 2,5 раза, относительно рабочих показателей.

Увеличение диагностического показателя неравномерности вращения коленчатого вала в 3,3 раза, который растет при поступлении неучтенного воздуха через критическую НГ, площадью 14,5 мм², приводит к нарушению равномерности работы двигателя и значительному

увеличению вибрационных нагрузок на автомобиль. Изменение значений данного показателя является аналогичной ситуацией, при которой нарушается балансировка коленчатого вала по различным причинам, к которым относится нарушение целостности маховика, а также установленных на него элементов привода (шкивы) и др.

Таблица

Результаты исследования изменения диагностических показателей ДВС ВАЗ-21114 на стенде

Показатель, единица измерения	Режим прогрева	Рабочий режим	При наличии критической негерметичности
Угол опережения зажигания, грд. п.к.в.	12-20	7-14	1,5-2,7
Массовый расход воздуха, кг/ч	9,5-10,2	8-13	4,8-7,2
Длительность импульса впрыска топлива, м/с	4-4,12	3,6-4,2	4,8-5,2
Датчик кислорода, В	0,7-0,8	0,5-0,9	0
Коэффициент коррекции впрыска топлива	1,12-1,2	0,9-1,2	0,7-1
Неравномерность вращения коленчатого вала, об/с ²	3,4-4,6	0-5	6,9-9,6
Положение регулятора холостого хода, шаги	45-62	23-28	30
Расход топлива, л/ч	0,4-0,9	0,8	1,2

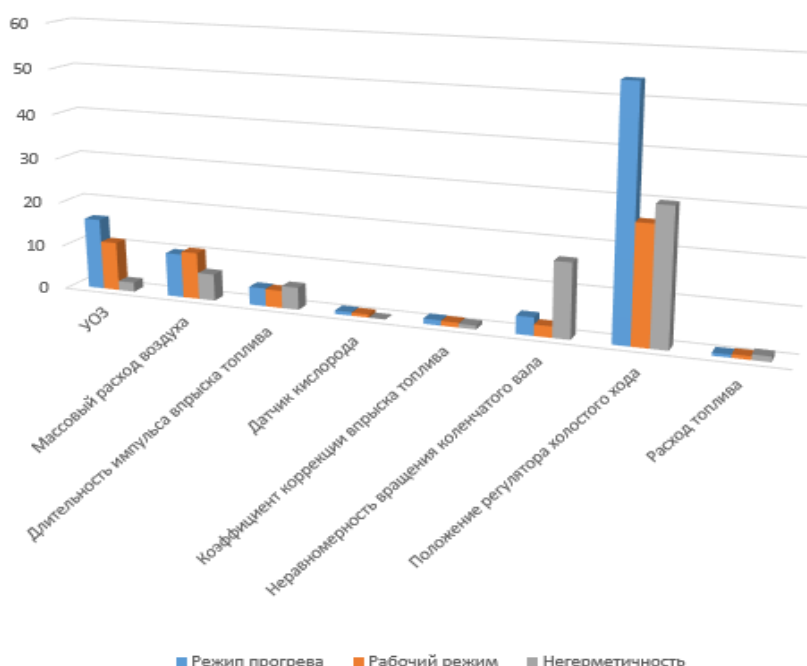


Рис. 3. Результаты диагностирования критической НГ в СПВ ДВС по различным показателям

При этом применение в качестве диагностического оборудования газоанализатора для определения состава топливно-воздушной смеси не является действенным, так как данный метод не эффективен при отыскании конкретной неисправности и ее локализации [11]. В данном случае рекомендуется после считывания кодов ошибок штатной ЭСУ ДВС обязательно прово-

дить диагностирование системы подачи воздуха в двигатель с применением специализированного технологического оборудования [9, 10].

Выводы

1. При возникновении негерметичностей в системе подачи воздуха значительно изменяется работа ДВС в рабочем режиме, на холостых

оборотах (840-880 об/мин., 90°C). Это проявляется снижением комплекса эксплуатационных характеристик, неравномерностью его работы, увеличением вибрационных нагрузок;

2. Определено значение площади негерметичности, при которой наступает нарушение работоспособности ДВС – критическая негерметичность, которая для двигателя ВАЗ-21114 составила 14,5 мм².

3. Наибольшей чувствительностью к наличию негерметичности в системе подачи воздуха в ДВС является показатель неравномерности вращения коленчатого вала, который увеличивается в 3,3 раза от рабочего значения при потери работоспособности двигателя, величины его рабочего значения.

4. Показатель угол опережения зажигания уменьшается в 2,5 раза, относительно рабочих показателей, при этом также изменяются показатели массового расхода воздуха (уменьшение в 1,75 раза) и длительности импульса впрыска топлива (увеличение в 1,28 раза) соответственно, относительно рабочих показателей.

5. При техническом диагностировании ДВС необходимо отдельно вычленять такой дефект, как наличие негерметичностей (НГ) в СПВ, так как показано, что при полностью работоспособных элементах ЭСУ ДВС, наличие НГ вносит изменения в работу двигателя, при этом блок управления двигателем (бортовой компьютер) адаптируется под условия наличия поступления неучтенного количества воздуха.

Библиографический список

1. Komorska, I., Wolczyński, Z., Borczuch, A. (2019). Diagnosis of sensor faults in a combustion engine control system with the artificial neural network. *Diagnostyka*. 20. DOI: 10.29354/diag/110440.

2. Яковлев, В. Ф. Диагностика электронных систем управления автомобильными двигателями: учебное пособие / В. Ф. Яковлев. – Самара: ФГБОУ ВО СамГТУ, 2010. – 122 с.: ил. – Текст: непосредственный.

3. Круш, Л. О. Определение зависимости возникающих неисправностей в электронном блоке управления двигателем от условий эксплуатации / Л. О. Круш, Д. А. Галин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (220). – С. 96-102. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-220-2-96-102.

4. Dadam, S., Jentz, R., Ienzen, T., Meissner, H. (2020). Diagnostic Evaluation of Exhaust Gas Recirculation (EGR) System on Gasoline Electric Hybrid Vehicle. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2020-01-0902.

5. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – Текст: непосредственный.

6. Райков, И. Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания: учебник для вузов / И. Я. Райков. – Москва: Высшая школа, 1975. – 320 с. – Текст: непосредственный.

7. Kannadhasan, A. (2021). Self Diagnostic Cars: Using Infotainment Electronic Control Unit. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2021-26-0027.

8. Mirmohammadsadeghi M., Zhao H., Ito A. (2020). Optical study of gasoline substitution ratio and diesel injection strategy effects on dual-fuel combustion. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 234 (4):1075-1097. DOI: 10.1177/0954407019864013.

9. Song, Q., Wenzhi, G., Zhang, P., Liu, J., Wei, Z. (2019). Detection of engine misfire using characteristic harmonics of angular acceleration. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 233. 095440701983410. DOI: 10.1177/0954407019834104.

10. Kihás, D., Pachner, D., Baramov, L., et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Papers. SAE 2016 World Congress and Exhibition*. DOI: 10.4271/2016-01-0611.

11. Патент RU 2790340 С1, Российская Федерация, МПК G01М 3/00, G01М 17/00. Установка для определения негерметичностей в замкнутых системах автотранспортных средств / Галин Д. А., Круш Л. О.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2022121756; заявл. 10.08.2022; опубл. 16.02.2023. – Текст: непосредственный.

References

1. Komorska, I., Wolczyński, Z., Borczuch, A. (2019). Diagnosis of sensor faults in a combustion

engine control system with the artificial neural network. *Diagnostyka*. 20. DOI: 10.29354/diag/110440.

2. Iakovlev V.F. Diagnostika elektronnykh sistem upravleniia avtomobilnymi dvigateliami: ucheb. posob. / V.F. Iakovlev. – Samara: Samar. gos. tekhn. un-t., 2010. – 122 s.: il.

3. Krush, L.O. Opredelenie zavisimosti vozni-kaiushchikh neispravnostei v elektronnom bloke upravleniia dvigatelem ot uslovii ekspluatatsii / L.O. Krush, D.A. Galin // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 2 (220). – S. 96–102. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-220-2-96-102.

4. Dadam, S., Jentz, R., Ienzen, T., Meissner, H. (2020). Diagnostic Evaluation of Exhaust Gas Recirculation (EGR) System on Gasoline Electric Hybrid Vehicle. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2020-01-0902.

5. GOST 14846-81. Dvigateli avtomobilnye. Metody standovykh ispytaniy.

6. Raikov, I.Ia. Ispytaniia dvigateleĭ vnutrennego sgoraniia: ucheb. dlia vuzov / I.Ia. Raikov. – Moskva: Vysshaia shkola, 1975. – 320 s.

7. Kannadhasan, A. (2021). Self Diagnostic Cars: Using Infotainment Electronic Control Unit. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2021-26-0027.

8. Mirmohammadsadeghi M., Zhao H., Ito A. (2020). Optical study of gasoline substitution ratio and diesel injection strategy effects on dual-fuel combustion. *Proceedings of the Institution of Me-*

chanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 234 (4):1075-1097. DOI: 10.1177/0954407019864013.

9. Song, Q., Wenzhi, G., Zhang, P., Liu, J., Wei, Z. (2019). Detection of engine misfire using characteristic harmonics of angular acceleration. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 233. 095440701983410. DOI: 10.1177/0954407019834104.

10. Kihás, D., Pachner, D., Baramov, L., et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Papers. SAE 2016 World Congress and Exhibition*. DOI: 10.4271/2016-01-0611.

11. Pat. RU 2790340 C1, Rossiiskaia Federatsiia, MPK G01M 3/00, G01M 17/00. Ustanovka dlia opredeleniia negermetichnostei v zamknutykh sistemakh avtotransportnykh sredstv / D.A. Galin, L.O. Krush; zaiavitel i patentoobladatel Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Natsionalnyi issledovatel'skii Mordovskii gosudarstvennyi universitet im. N.P. Ogareva». – No. 2022121756; zaiavl. 10.08.2022; opubl. 16.02.2023.

Исследование выполнено при финансовой поддержке внутривузовского научного гранта в области гуманитарных, естественных и инженерно-технических наук ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» № з/б 33-21-МП, 2022 года.



УДК 631.173

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-223-5-91-98

С.Ю. Журавлев

S.Yu. Zhuravlev

КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ И НОВЫХ ПОДХОДОВ К ТЕХНИЧЕСКОМУ СЕРВИСУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

OVERVIEW OF EXISTING AND NEW APPROACHES TO TECHNICAL SERVICE OF AGRICULTURAL MACHINERY

Ключевые слова: агропромышленный комплекс РФ, технический сервис, техническое обслуживание и ремонт, гарантийное и послегарантийное обслуживание, сельскохозяйственная техника, планово-предупредительная система.

Keywords: agro-industrial complex of the Russian Federation, technical service, maintenance and repair, warranty and post-warranty service, agricultural machinery, preventive maintenance system.