

УДК: 629.3.083.4

DOI: 10.53816/23061456\_2022\_11–12\_100

**МЕТОДИКА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АГРЕГАТОВ  
ТРАНСМИССИИ ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
ПО ПАРАМЕТРАМ АКУСТИЧЕСКОГО СИГНАЛА**

**THE TECHNIQUE OF TECHNICAL DIAGNOSTICS  
OF MILITARY AUTOMOTIVE TRANSMISSION UNITS ACCORDING  
TO THE PARAMETERS OF THE ACOUSTIC SIGNAL**

*Д-р техн. наук В.В. Нечаев, С.А. Тарабанов*

*D.Sc. V.V. Nechaev, S.A. Tarabanov*

*ВА МТО им. А.В. Хрулёва*

Для повышения эффективности эксплуатации отдельного образца военной автомобильной техники требуется индивидуальная информация о его техническом состоянии. При этом необходимо, чтобы получение указанной информации было доступным, не требовало разборки агрегатов, больших физических и финансовых затрат. Индивидуальная информация о скрытых и назревающих отказах позволит предотвратить преждевременный ремонт, определить причину неисправности при её наличии, выполнить прогнозирование остаточного ресурса. Средством получения такой информации является техническое диагностирование военной автомобильной техники.

**Ключевые слова:** контроль технического состояния, детали агрегатов трансмиссии, алгоритм преобразования акустического сигнала, информационный параметр.

To increase the efficiency of operation of a separate sample of military vehicles, individual information about its technical condition is required. At the same time, it is necessary that obtaining this information is accessible, does not require disassembly of aggregates, large physical and financial costs. Individual information about hidden and impending failures will prevent premature repairs, determine the cause of the malfunction if there is one, and predict the remaining resource. The means of obtaining such information is the technical diagnosis of military vehicles.

**Keywords:** control of technical condition, details of transmission units, acoustic signal conversion algorithm, information parameter.

Военная автомобильная техника является основой обеспечения подвижности войск, оказывает определяющее влияние на боевую готовность и боевые возможности частей и соединений любого государства, широко используется в качестве базовых шасси под монтаж ракетных и зенитно-ракетных комплексов, артиллерийских установок и систем залпового огня, средств

управления и связи, а также для выполнения различных видов воинских автомобильных перевозок. Процентное соотношение грузоперевозок в Вооруженных силах различным транспортом в 2020 году отображено на рисунке.

В Вооруженных силах нашей страны на автомобильном шасси смонтировано и эффективно используется до 83 % всего вооружения

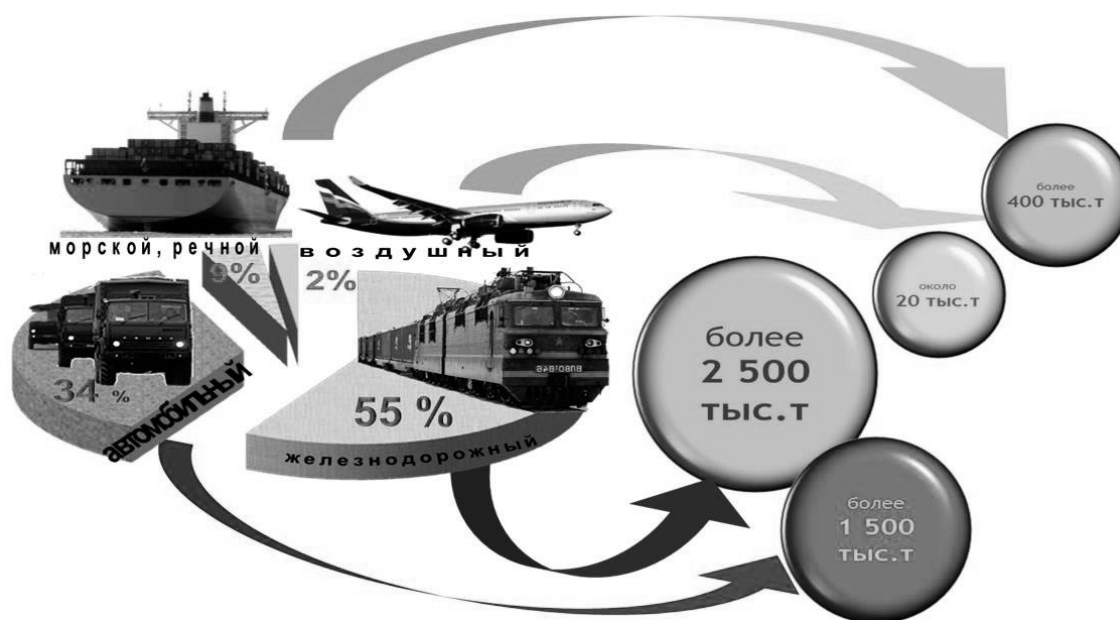


Рис. Процентное соотношение грузоперевозок в Вооруженных силах различным транспортом

и различного специального оборудования. Сфера применения автомобильной техники непрерывно расширяется. Это объясняется рядом ее специфических свойств. Военная автомобильная техника менее связана с дорогами, чем, например, железнодорожный транспорт, более мобильный и оперативный способ передвижения, представляет возможность перемещения личного состава, вооружения и боеприпасов, медикаментов, различного груза по обходным дорогам, колонным путям и, в случае необходимости, преодолевать водные преграды [1].

Вооруженные силы РФ оснащены современными образцами военной автомобильной техники, обладающими необходимыми свойствами надежности, защищенности, уникальными параметрами проходимости, тягово-скоростными качествами, грузоподъемностью. Высокие тактико-технические характеристики современных образцов военной техники обусловлены широким применением в её конструкции агрегатов, систем и механизмов, интегрировавших в себя новейшие достижения научно-технического прогресса, обладающих функциональным разнообразием, схмотехнической и конструктивной сложностью, возможностью функционирования в различных климатических условиях, вплоть до тяжелых [2].

В общепринятом понимании автомобиль это наземное безрельсовое механическое транс-

портное средство, приводимое в действие собственным двигателем и имеющее не менее четырех колес. Несмотря на огромное многообразие типов и моделей современных автомобилей, конструкция каждого из них состоит из набора агрегатов, узлов и механизмов, наличие которых позволяет называть транспортное средство автомобилем. К основным конструктивным блокам относятся двигатель, трансмиссия, системы управления, несущая система и кузов (кабина). Трансмиссия автомобиля служит для передачи крутящего момента от двигателя к ведущим колёсам и изменения его по величине и направлению [3–6]. Трансмиссия позволяет изменять силу тяги на ведущих колесах, тем самым обеспечивает автомобильную технику требуемой скоростью движения. Силу тяги на ведущих колесах и частоту их вращения и, соответственно, скорость движения автомобильной техники так же можно изменять в некоторых ограниченных пределах, путем изменения нагрузки двигателя при помощи педали акселератора. Однако при определенных режимах и условиях движения автомобиля для обеспечения требуемой силы тяги возникает необходимость создания на его ведущих колесах весьма значительного крутящего момента, во много раз превосходящего максимальный крутящий момент двигателя. Особенно большую силу тяги и, соответственно, крутящий момент на ведущих колесах требуется обеспечивать при

трогании автомобиля с места и быстром его разгоне, когда значительное сопротивление движению оказывает сила инерции автомобиля, при движении автомобиля на крутом подъеме, когда возрастает сила сопротивления подъему, при движении автомобиля по плохим дорогам и бездорожью, когда существенно возрастают силы сопротивления качению колес, а также при различных сочетаниях перечисленных режимов и условий. Указанные режимы движения возможно обеспечить исключительно при помощи эксплуатации исправных (работоспособных) агрегатов трансмиссии. Следовательно, контроль технического состояния агрегатов трансмиссии необходимо уделять особое внимание, постоянно разрабатывать и внедрять новые, эффективные способы, методики и технические средства их диагностирования.

Целью разработанной методики диагностирования является повышение оперативности и обоснованности принимаемых решений по дальнейшему использованию агрегатов трансмиссии военной автомобильной техники, выявление и локализация неисправностей, определение причин их возникновения.

Предлагаемая методика исключает разборочно-сборочные работы, основана на анализе акустического сигнала, образующегося при работе агрегата трансмиссии военной автомобильной техники. В качестве основного информационного параметра предлагается использовать не вибрацию корпуса, как это делается в общеизвестных способах, а акустический сигнал, генерируемый деталями агрегата трансмиссии. Следует отметить, что исследуемый сигнал состоит из суммы отдельных сигналов, основным из которых является сигнал, формирующийся в результате нормального функционирования деталей агрегата. За счет смещения валов и шестерен относительно друг друга, износа деталей, различного рода заеданий и вибрации возникают дополнительные источники акустических колебаний. Каждый акустический сигнал несет в себе информацию о функциональном состоянии деталей агрегата трансмиссии военной автомобильной техники.

С помощью математического аппарата алгоритм преобразования акустических сигналов, формирующихся при работе агрегата в определенном режиме, можно представить следующим образом: выходной сигнал, генерируемый нор-

мальной работой агрегата трансмиссии, находящегося в работоспособном состоянии  $f(b)$ , со спектром  $F^*(b)$  преобразуется нелинейным оператором  $H$ , принимается и обрабатывается по тому или иному параметру или совокупности параметров. Если детали агрегата неисправны или имеют повреждения, то при их работе возникают дополнительные акустические сигналы, при этом уже будет регистрироваться сумма сигналов  $f(b) + k(b)$ , где  $k(b)$  — дополнительные сигналы. Сравнивая зафиксированные сигналы с эталонным, который соответствует  $f(a)$ , делается заключение о техническом состоянии деталей агрегата трансмиссии. При наличии дополнительных акустических сигналов оператором  $H$  они будут идентифицированы, при этом каждому спектру дополнительных сигналов соответствует определенный вид неисправности.

Процесс возникновения, регистрации и обработки акустических сигналов, образующихся в результате работы агрегата трансмиссии, можно описать следующим образом:

$$(f(b) + k(b)) - f(a) \approx k(b). \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что исправному состоянию деталей агрегата будет соответствовать нулевое значение данной разности.

Выражение (1) в общем виде описывает процедуру определения технического состояния при помощи акустических сигналов, генерируемых деталями агрегата трансмиссии военной автомобильной техники, но не дает ответа на вопрос о качестве выполняемых диагностических работ. Для решения этой задачи необходимо найти условия, по которым можно теоретически определить необходимые свойства оператора  $H$ .

Разработанная методика технического диагностирования агрегатов трансмиссии военной автомобильной техники предполагает трехкратное преобразование принимаемого сигнала. Первые два преобразования решают техническую задачу выделения акустического сигнала и возможность передачи его по каналу связи. Третье преобразование направлено на распознавание и сравнение принятого сигнала с эталонным, причем отклонение принятого сигнала должно быть минимальным.

Сущность разработанной методики заключается в том, что акустический сигнал, генерируемый

деталью агрегата трансмиссии при их работе, попадает на специальный датчик и приводит его к колебательному процессу по закону внешнего источника акустических колебаний [7]. Для решения технической задачи выделения и передачи акустического сигнала предлагается использовать площадной преобразователь типа мембраны с установленной в ее центре оптической системой. Оптическая система конструктивно состоит из двух зеркал, одно из которых не пропускает свет и предназначена для преобразования акустического колебания мембраны в механические колебания. Площадной преобразователь позволит решить вопрос переноса низкочастотного спектра акустического сигнала в более высокую область частот и фрагментарно устранил особенность изменения акустического спектра по частичному диапазону, а также существенно уменьшить изменения динамического диапазона акустических сигналов. Акустический сигнал от мембраны будет преобразовываться в световой сигнал при помощи воздействия на оптическую систему лазерного луча, и проецироваться на фотодетектор с определенной напряженностью электрического поля. В фотодетекторе последует преобразование сигнала в электронный вид. Затем преобразованный сигнал поступит в программный комплекс компьютера, где произойдет его распознавание и сравнение с эталонным сигналом [8]. В ходе преобразования оптического сигнала в электрический, в фотодетекторе будут происходить процессы преобразования оптического излучения в напряженность электрического поля, которое создает на фотодетекторе области с различными номиналами напряжений во времени. Эти напряжения оцифровываются в аналогово-цифровом преобразователе и далее передаются в компьютер для их изменения в спектр акустического сигнала в программном комплексе [7–11].

Реализация методики подразумевает выполнение следующих операций.

1. Получение акустических сигналов с работающего агрегата военной автомобильной техники.

2. Проецирование полученных сигналов на площадной преобразователь.

3. Воздействие на оптическую систему площадного преобразователя лазерного луча.

4. Преобразование сигнала в электронный вид.

5. Передача преобразованного сигнала в программный комплекс компьютера, распознавание и сравнение его с эталонным сигналом.

6. При отклонении контролируемого сигнала от эталонного, соответствующего исправному состоянию агрегата, сигнал сравнивают с сигналами, которые отражают наличие определенного вида неисправности.

7. Выполнение заключения о техническом состоянии диагностируемого агрегата трансмиссии военной автомобильной техники, при наличии неисправности определение её вида, причины возникновения и последующая локализация.

Разработанная методика диагностирования агрегатов трансмиссии военной автомобильной техники по параметрам акустического сигнала исключает разборочно-сборочные работы, снижает трудоёмкость, временные и экономические затраты, обеспечивает возможность с высокой степенью оперативности и обоснованности принимать решения по дальнейшему использованию диагностируемого агрегата, выявлять и устранять неисправности, определять причины их возникновения.

## Литература

1. Игнатъев С.В., Нечаев В.В. Оценка эффективности функционирования и направления совершенствования процессов поддержания и обеспечения работоспособного состояния военной автомобильной техники // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2020. Вып. 1–2 (139–140). С. 36–42.

2. Нечаев В.В. Система технической эксплуатации военной автомобильной техники: анализ функционирования, возникающие противоречия, постановка научной проблемы // Вопросы оборонной техники. Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2020. Вып. 9–10 (147–148). С. 94–103.

3. Пеньшин Н.В., Попова Е.В. Лицензирование в сфере пассажирских автобусных перевозок как гарантия безопасности пассажиров // Молодой учёный. 2017. № 46 (180). С. 29–34.

4. Нечаев В.В. Моделирование системы регламентированного технического обслуживания

автомобильной техники // Строительные и дорожные машины. — М.: «Инновационное машиностроение». 2019. Вып. 12. С. 37–40.

5. Мороз С.М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств: учебник. — М.: МАДИ, 2015. 204 с.

6. Галиев И.В. Техническая эксплуатация автомобилей. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.dspase.kpfu.ru/html>

7. Патент на изобретение № 2016115114. Устройство для акустической диагностики двигателей / А.Т. Серобабин, А.А. Горбачев, Н.В. Ворончихин. Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева». Опубликовано: 24.10.2017.

8. Кручек В.А., Горбачёв А.А., Иванов Р.А. Методика диагностирования дизельных двигателей автомобильной техники по параметрам акустического сигнала // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2021. Т. 18. Вып. 4. С. 571–577.

9. Нечаев В.В., Головко К.В. Метод определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя по величине давления газов в картере // Двигателестроение. — СПб.: ООО «Экология». 2018. Вып. 4 (284). С. 31–34.

10. Патент на изобретение № 2730787. Способ технического обслуживания автомобильной техники / В.В. Нечаев. Заявитель и патентообладатель Нечаев В.В. Опубликовано: 26.08.2020. Бюл. № 24.

11. Патент на изобретение № 2731740. Способ эксплуатации автомобильной техники / В.В. Нечаев. Заявитель и патентообладатель Нечаев В.В. Опубл.: 08.09.2020. Бюл. № 25.

## References

1. Ignatiev S.V., Nechaev V.V. Evaluation of the effectiveness of the functioning and directions of improving the processes of maintaining and ensuring the operable condition of military automotive equipment // Questions of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2020. Issues 1–2 (139–140). P. 36–42.

2. Nechaev V.V. System of technical operation of military automotive equipment: analysis of functioning, emerging contradictions, formulation of a scientific problem. // Questions of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2020. Vol. 9–10 (147–148). P. 94–103.

3. Penshin N.V., Popova E.V. Licensing in the field of passenger bus transportation as a guarantee of passenger safety // Young Scientist No. 46 (180). 2017. P. 29–34.

4. Nechaev V.V. Modeling of the system of regulated maintenance of automotive equipment // Construction and road vehicles. — М.: Innovative mechanical engineering. 2019. Issue 12. P. 37–40.

5. Moroz S.M. Methods of ensuring the operable technical condition of motor vehicles: textbook. — М.: МАДИ, 2015. 204 p.

6. Galiev I.V. Technical operation of cars. [Electronic resource]. URL: <https://www.dspase.kpfu.ru/html>

7. Patent for invention No. 2016115114. Device for acoustic diagnostics of engines. / A.T. Serobabin, A.A. Gorbachev, N.V. Voronchikhin. Applicant and patent holder Federal State Military Educational Institution of Higher Education «Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khrulev». Published: 24.10.2017.

8. Kruchek V.A. Gorbachev A.A., Ivanov R.A. Method of diagnosing diesel engines of automotive equipment by acoustic signal parameters // Izvestia of the St. Petersburg University of Railways. — St. Petersburg: PGUPS, 2021. Vol. 18. Issue 4. Pp. 571–577.

9. Nechaev V.V., Golovko K.V. Method for determining the technical condition of the cylinder piston group of the engine by the amount of gas pressure in the crankcase // Engine building. — St. Petersburg: ООО «Ecology». 2018. Issue 4 (284). P. 31–34.

10. Patent for invention No. 2730787. The method of maintenance of automotive equipment / V.V. Nechaev. Applicant and patent holder Nechaev V.V. Published: 26.08.2020. Byul. No. 24.

11. Patent for invention No. 2731740. The method of operation of automotive equipment / V.V. Nechaev. Applicant and patent holder Nechaev V.V. Publ.: 08.09.2020. Byul. No. 25.