

УДК 629.08

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА И УСТРОЙСТВА  
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО  
СОСТОЯНИЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК  
ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

Николотов Илья Николаевич  
соискатель  
SPIN-код: 8080-9030  
E-mail: duke001@yandex.ru

Кулик Сергей Николаевич  
кандидат технических наук  
SPIN-код: 8882-5628  
E-mail: kulik.s.n@yandex.ru  
*ФГБОУ ВО РГАУ, Рязань, Россия*

Голиков Алексей Анатольевич  
доктор технических наук, доцент  
SPIN-код: 8540-7098  
E-mail: golikov.rgatu@yandex.ru  
*Академия ФСИН России, Рязань, Россия*

Принцип регламентного технического обслуживания (ТО) обеспечивает высокую надежность ТС при адекватных финансовых и трудовых затратах. При этом некачественное либо несвоевременное его проведение может привести не только упущенной выгоде (простою ТС или его поломке на линии), но и тяжелым последствиям для жизни и здоровья участников дорожного движения. Автопроизводители в свою очередь постоянно совершенствуют и улучшают свой продукт, пытаются повысить управляемость, комфорт и безопасность автомобиля. Данный процесс не обходится без инноваций, особенно для новых и дорогих моделей легковых автомобилей. С грузовыми транспортными средствами ситуация менее перспективная. В серийных моделях ТС, особенно отечественного производства применяются простые и проверенные временем технические решения. С одной стороны это позволяет добиться стабильности и надежности при эксплуатации автомобилей, но с другой приводит к высоким издержкам. Для снижения трудоемкости работ по техническому обслуживанию грузовых автомобилей была рассмотрена методика использования на автомобиле КамАЗ 5320 тормозных колодок с устройством информирования о предельном износе их фрикционных накладок. Данное решение позволило оптимизировать процесс обслуживания тормозной системы автомобиля и снизить трудозатраты проведения регламентных работ

UDC 629.08

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

**DEVELOPMENT OF A METHOD AND DEVICE  
FOR DIAGNOSING THE TECHNICAL  
CONDITION OF VEHICLE BRAKE PADS**

Nikolotov Ilya Nikolaevich  
Applicant for degree  
SPIN code: 8080-9030  
E-mail: duke001@yandex.ru

Kulik Sergey Nikolaevich  
Candidate of Technical Sciences  
SPIN-code: 8882-5628  
E-mail: kulik.s.n@yandex.ru  
*Ryazan State Agricultural University, Ryazan, Russia*

Golikov Alexey Anatolyevich  
Doctor of Technical Sciences, Associate Professor  
SPIN-code: 8540-7098  
E-mail: golikov.rgatu@yandex.ru  
*Academy of the Federal Penitentiary Service of  
Russia, Ryazan, Russia*

The principle of routine maintenance ensures high reliability of the vehicle with adequate financial and labor costs. At the same time, poor-quality or untimely implementation can lead not only to lost profits (vehicle downtime or breakdown on the line), but also to serious consequences for the life and health of road users. Automakers, in turn, are constantly improving and improving their product, trying to improve the handling, comfort and safety of the car. This process is not without innovation, especially for new and expensive passenger car models. The situation with cargo vehicles is less promising. Production models of vehicles, especially those of domestic production, use simple and time-tested technical solutions. On the one hand, this allows you to achieve stability and reliability when operating cars, but on the other hand, it leads to high costs. In order to reduce the complexity of maintenance work on trucks, the method of using brake pads on a KamAZ 5320 car with a device for informing about the maximum wear of their friction linings was considered. This solution made it possible to optimize the maintenance process of the car's braking system and reduce the labor costs of routine maintenance

Ключевые слова: ПРОБЕГ, ФРИКЦИОННАЯ НАКЛАДКА, ИЗНОС, ИНФОРМИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА

Keywords: RANGE, FRICTION COATING, WEAR, INFORMING DEVICE, VEHICLE, BRAKE SYSTEM

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-216-009>

## **Введение**

Эксплуатация и ремонт транспортных средств (ТС) тесно связаны между собой. Помимо ежедневного использования автомобиля в качестве средства передвижения, его эксплуатация подразумевает также обслуживание и содержание [1]. Характер использования ТС напрямую влияет на необходимость проведения ремонтных работ.

Прежде всего, в процессе эксплуатации автомобиля меняются свойства его деталей. В процессе трения детали изнашиваются, их поверхностный слой стирается, и их использование становится недопустимым для нормальной работы всей системы. Кроме того, со временем материалы могут терять свои физические свойства, независимо от интенсивности использования автомобиля.

Концепция ремонта автомобилей заключается в своевременной замене изношенных деталей на новые. Каждая деталь имеет свой срок службы, который обычно измеряется количеством километров, пройденных автомобилем. Такая модель позволяет постоянно поддерживать хорошую работоспособность автомобиля и снижает риск серьезных поломок, вызванных использованием изношенных деталей.

Компании, выпускающая автомобильную продукцию, разрабатывают регламент проведения технического обслуживания (ТО) применительно к каждой модели. Для легковых транспортных средств (ТС) норматив составляет от 10 до 15 тыс. км, а для грузовых имеет более широкие диапазоны.

Так, например, ПАО "КАМАЗ" рекомендует придерживаться следующих рекомендаций при обслуживании их продукции (табл. 1).

<http://ej.kubagro.ru/2026/02/pdf/09.pdf>

Для седельных тягачей марки КамАЗ регламент проведения ТО будет меняться в зависимости от их назначения:

- через 80 тыс. км при международных перевозка;
- через 60 тыс. км при междугородних перевозка;
- через 40 тыс. км при работе ТС на строительных площадках.

Таблица 1 – Регламент проведения ТО для автомобилей марки КамАЗ

№	Наименование ТО	Периодичность, тыс. км	
		Евро-4	Евро-3
неполноприводные			
1	ТО-2500	1-5	1-5
2	ТО-1	через 25	через 10
3	ТО-2	через 50	через 30
полноприводные			
	ТО-2500	1-5	1-5
	ТО-1	через 10	через 5,5
	ТО-2	через 30	через 16,5

Автопроизводители постоянно совершенствуют и улучшают свой продукт, пытаясь повысить управляемость, комфорт и безопасность автомобиля. Не обошлось и без инноваций в области систем самодиагностики автомобилей. Эти системы способны самостоятельно оценить техническое состояние автомобиля и при необходимости сообщить автовладельцу о необходимости пройти полную диагностику или провести техническое обслуживание транспортного средства. С одной стороны, такие системы упрощают вопрос ремонта автомобиля, самостоятельно подсказывая, где может возникнуть проблема.

В конструкциях даже современных транспортных средств имеются узлы и механизмы, техническое состояние которых возможно оценить лишь инструментальным контролем, например, остаточный ресурс

фрикционных накладок тормозных колодок (речь идет преимущественно про грузовые транспортные средства, оборудованные барабанными тормозными системами). Причем доступ к ним невозможен без сопутствующих трудоемких операций (в частности, без снятия колеса и ступицы, как на автомобилях КамАЗ). В результате этого контроль технического состояния фрикционных накладок осуществляется лишь при плановом ТО (для КамАЗ 5320 периодичность составляет от 14,4 до 19, тыс. км) либо при появлении косвенных признаков (появление посторонних звуков в узле).

Стоит отметить, что фрикционные накладки даже одной колодки изнашиваются неравномерно (рис. 1) что усугубляется некачественной или несвоевременной регулировкой приводного механизма тормозной системы (регулирующего рычага). При отсутствии должного внимания это приведет к снижению эффективности работы узла.



1 – зона максимального износа; 2 – зона минимального износа

Рисунок 1 – Износ фрикционных накладок тормозных колодок автомобиля  
КамАЗ 5320

### **Постановка задачи**

Из вышеизложенного следует, что разработка технического решения, обеспечивающего диагностику технического состояния фрикционных накладок колодок барабанных тормозных механизмов безразборным методом является актуальным направлением научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы. Его применение позволит существенно снизить трудоемкость проведения регламентных работ ТО и повысить безотказность грузовых транспортных средств в целом.

### **Материалы и методы**

В качестве материалов исследования были использованы элементы тормозной системы автомобиля КамАЗ 5320 – тормозные колодки и тормозные барабаны.

Методы исследований:

1) анализ - изучение данных открытых источников информации о существующих методах и технических решениях, обеспечивающих диагностику технического состояния фрикционных накладок колодок барабанных тормозных механизмов без дополнительных разборочно-сборочных операций;

2) измерение – изучение остаточной толщины фрикционных накладок тормозных колодок по мере их износа;

3) моделирование - построение регрессионной модели для определения оптимальной глубины залегания токопроводящего слоя фрикционной накладки тормозной колодки (на примере автомобиля КамАЗ 5320).

### **Результаты исследования**

Была разработана и запатентована конструкция устройства [2], принципиальная схема которого приведена на рис. 2. Она включает основу (тормозную колодку) 1 на которую посредством клепок устанавливаются специальные фрикционные накладки 2. Особенность последних

заключается в интегрировании на индивидуальную применительно к конкретной модели транспортного средства глубину токопроводящего слоя 3.

К токопроводящему слою 3 каждой фрикционной накладки 2 подведены токоприемники 4 выводы, которых соединены с индикаторным устройством 5 (располагается в кабине транспортного средства).

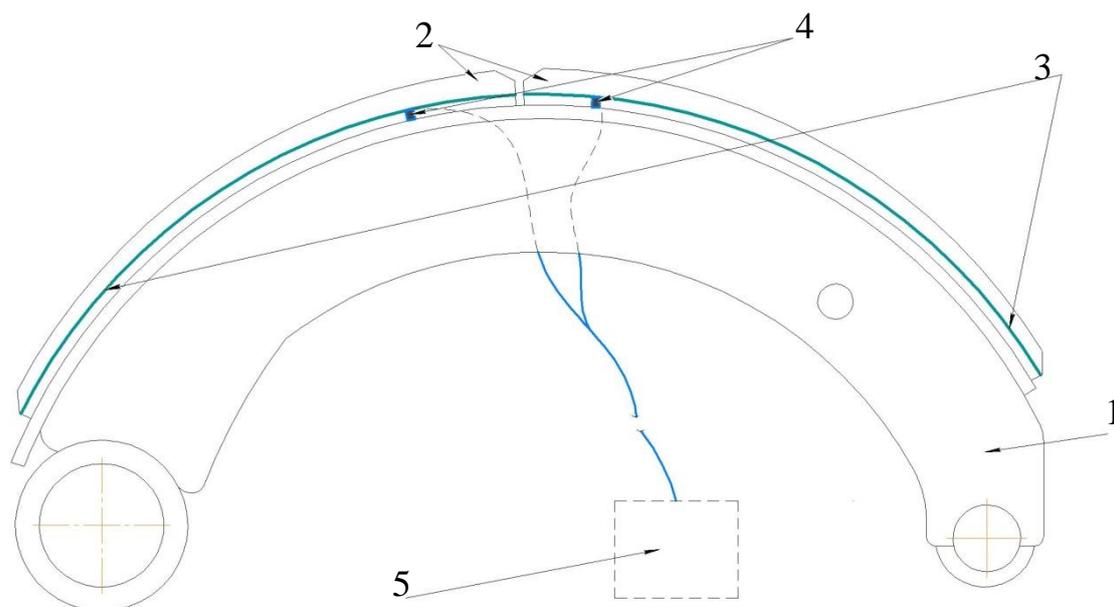


Рисунок 2 – Схема разработанного устройства [2]

При допустимом износе фрикционных накладок тормозных колодок информирующее устройство работает в штатном режиме (рис. 3а). По мере приближения их состояний к критическому индикатор подает соответствующий сигнал (загорается индикатор, соответствующий критическому состоянию конкретной фрикционной накладки – рис. 3б). Глубина залегания токопроводящего слоя 3 фрикционной накладки 2 выбирается из условия, что нужно произвести замену в ближайшее время (в идеальном случае после возвращения ТС с линии).

Обработав данные экспериментальных исследований транспортных средств, были получены уравнения регрессии ( $y$  – глубина залегания

токопроводящего слоя;  $x$  – координатная составляющая) [3, 4]:

- для первой накладки тормозной колодки

$$y = -0,0042x^2 + 1,294x + 10,092$$

- для второй накладки тормозной колодки

$$\square = -0,00412\square^2 + 1,609\square - 47,74$$



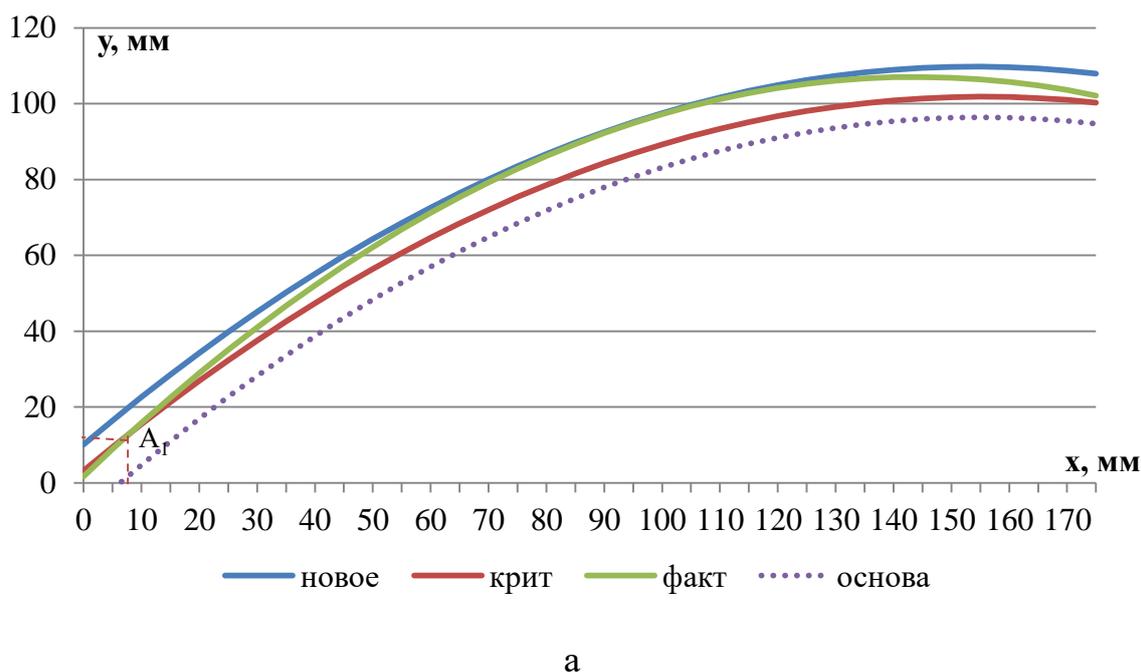
а

б

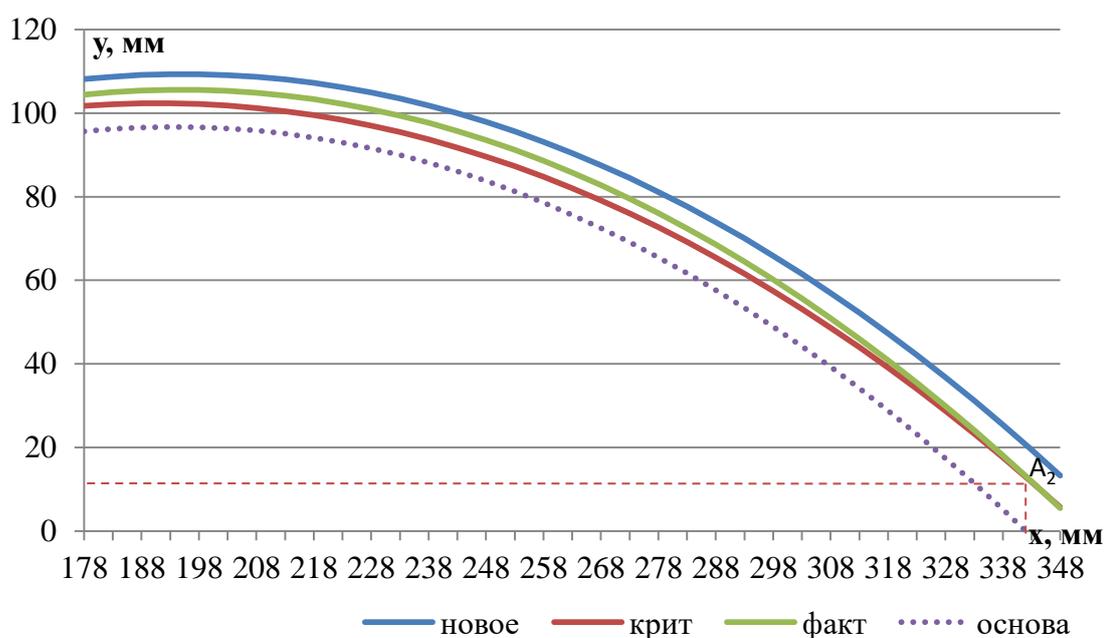
а – штатный режим; б – режим технической неисправности

Рисунок 3 – Работа информирующего устройства

Подставляя данные (геометрические параметры фрикционных накладок) в полученные уравнения регрессии были построены соответствующие графики (рис.4).



а



б

а – графики первой фрикционной накладки; б – графики второй фрикционной накладки; «новое» - кривые, описывающие поверхность новой накладки; «крит» - кривые описывающие предельную поверхность накладки; «факт» - кривые полученные при помощи уравнений регрессии; «основа» - кривые описывающие основу тормозной колодки

Рисунок 4 – Графическое отображение результатов исследований

Для рассматриваемого случая критическая глубина залегания токопроводящего слоя относительно основы тормозной колодки составляет 6,44 мм (точки пересечения кривых «крит» и «факт»).

Как уже отмечалось ранее, информирующее устройство должно заблаговременно уведомить водителя транспортного средства о предельном состоянии фрикционных накладок и необходимости их замены. Следовательно, глубина залегания токопроводящего слоя должна быть больше 6,44 мм.

Имея в своем распоряжении достаточный объем данных применительно к конкретной марке транспортного средства можно с высокой точностью спрогнозировать оптимальный момент замены фрикционных накладок тормозных колодок. На рис. 6 в качестве примера приведены данные по автомобилю КамАЗ 5320 (отсчет пробега ведется с момента замены фрикционных накладок тормозных колодок).

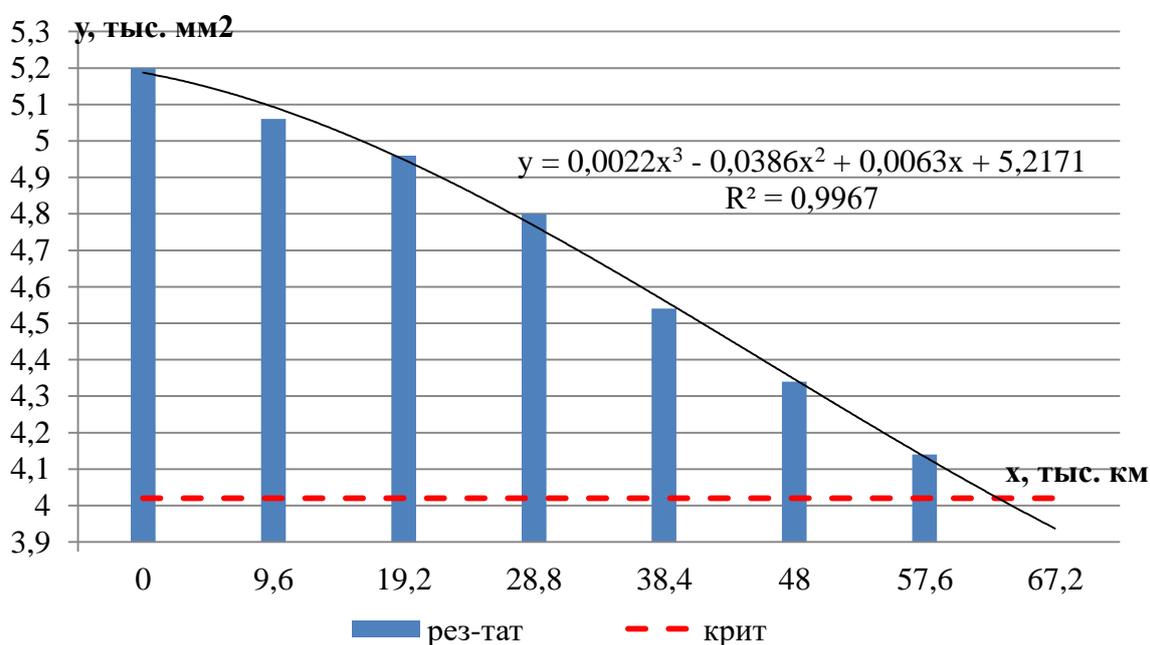


Рисунок 5 – График прогноза замены тормозных колодок КамАЗ 5320

На рис. 5 отчетливо видно, что пересечение графика функции Y и линии характеризующей предельный износ фрикционной накладки

(штриховая линия) приходится на интервал между однотипными видами ТО (согласно регламентной документации автомобиля КамАЗ 5320 обслуживание тормозной системы с инструментальным контролем технического состояния ее элементов производится при ТО-2 или каждые 9600 км пробега). Из этого следует, что замена деталей тормозной системы должна была быть выполнена или заблаговременно (на отметке в 57,6 тыс. км) или при техническом обслуживании на пробеге в 67,2 ты. км (при этом повышается риск наступления отказа).

### **Заключение**

На основе проведенного анализа была разработана конструкция устройства информирования водителя о предельном износе тормозной накладки. Для установления ключевого параметра технического решения (глубины залегания токопроводящего слоя фрикционной накладки тормозной колодки) проведены испытания группы автомобилю КамАЗ 5320. Полученные данные были подвержены регрессионному анализу. Полученные модели позволили установить оптимальное значение исследуемого параметра – глубине токопроводящего слоя устройства равной 6,44 мм.

Применение разработанного подхода к организации своевременного обслуживания тормозной системы барабанного типа грузовых транспортных средств позволит существенно снизить трудоемкость работ и повысить надежность парка автомобильного парка в целом.

### **Список литературы**

1. Бубнова, Г. А. Повышение эффективности работы автотранспортного предприятия на основе показателей технического обслуживания автомобилей отечественного производства / Г. А. Бубнова, Н. Н. Серкин // Инновационный транспорт. – 2025. – № 3(57). – С. 31-36. – DOI 10.20291/2311-164X-2025-3-31-36. – EDN KREWNY.

2. Патент № 2452880 С1 Российская Федерация, МПК F16D 66/02, F16D 65/08. Устройство информирования водителя о предельном износе тормозной накладки : № 2010142377/11 : заявл. 15.10.2010 : опубл. 10.06.2012 / И. Н. Николотов, Е. А. Карцев, Г.

Д. Кокорев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN AOXHCG.

3. Повышение безотказности тормозной системы на примере автомобиля КАМАЗ-5320 / И. Н. Николотов, С. Н. Кулик, А. В. Подъяблонский [и др.] // Грузовик. – 2025. – № 9. – С. 3-7. – DOI 10.36652/1684-1298-2025-9-3-7. – EDN FIYUPR.

4. Николотов, И. Н. Теоретические предпосылки к совершенствованию системы обслуживания транспортных средств в сельском хозяйстве / И. Н. Николотов, С. Н. Кулик, С. Н. Борычев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 110-116. – DOI 10.36508/RSATU.2025.71.63.015. – EDN JTUTLW.

### References

1. Bubnova, G. A. Povyshenie jeffektivnosti raboty avtotransportnogo predpriyatija na osnove pokazatelej tehničeskogo obsluzhivanija avtomobilej otechestvennogo proizvodstva / G. A. Bubnova, N. N. Serkin // Innovacionnyj transport. – 2025. – № 3(57). – С. 31-36. – DOI 10.20291/2311-164X-2025-3-31-36. – EDN KREWNY.

2. Patent № 2452880 C1 Rossijskaja Federacija, MPK F16D 66/02, F16D 65/08. Ustrojstvo informirovanija voditelja o predel'nom iznose tormoznoj nakladki : № 2010142377/11 : zajavl. 15.10.2010 : opubl. 10.06.2012 / I. N. Nikolotov, E. A. Karcev, G. D. Kokorev [i dr.] ; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Rjazanskij gosudarstvennyj agrotehnologičeskij universitet imeni P.A. Kostyčeva". – EDN AOXHCG.

3. Povyshenie bezotkaznosti tormoznoj sistemy na primere avtomobilja KAMAZ-5320 / I. N. Nikolotov, S. N. Kulik, A. V. Pod#jablonskij [i dr.] // Грузовик. – 2025. – № 9. – С. 3-7. – DOI 10.36652/1684-1298-2025-9-3-7. – EDN FIYUPR.

4. Nikolotov, I. N. Teoreticheskie predposylki k sovershenstvovaniju sistemy obsluzhivanija transportnyh sredstv v sel'skom hozjajstve / I. N. Nikolotov, S. N. Kulik, S. N. Borychev // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologičeskogo universiteta im. P.A. Kostyčeva. – 2025. – Т. 17, № 2. – С. 110-116. – DOI 10.36508/RSATU.2025.71.63.015. – EDN JTUTLW.