

МЕТОДИКА РАСЧЁТА СТЕПЕНИ ИЗНОСА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

METHOD OF CALCULATING THE DEGREE OF WEARING OF BRAKE PADS FOR CARS BY THE METHOD OF NEURO NETWORK MODELING

S. Varakushin

Summary. The article presents an approach to determining the degree of wear of the brake pads of a car based on the segmentation of the brake surface. Typical braking effects on brake shoe segments have been determined. The structure of the neural network model for determining the degree of wear of the brake pad segments was presented depending on the combination of brake actions. The process of learning the neural network consists in uniform redistribution of brake actions on all segments of the brake shoe for the same reduction in its thickness. For neural network simulation, the AnyLogic 7 Personal Learning Edition software package was used. A technical implementation of the brake system with segmented brake shoes was proposed.

Keywords: automation, control, brake pad wear, neural network modeling.

Варакушин Сергей Александрович

Аспирант, Московский политехнический университет

Lib.mospolytech@mail.ru

Аннотация. В статье представлен подход к определению степени износа тормозных колодок автомобилей на основе сегментирования тормозной поверхности. Определены типовые тормозные воздействия на сегменты тормозной колодки. Представлена структура нейросетевой модели определения степени износа сегментов тормозной колодки в зависимости от комбинации тормозных воздействий. Процесс обучения нейросети заключается в равномерном перераспределении тормозных воздействий на все сегменты тормозной колодки для одинакового уменьшения её толщины. Для нейросетевого моделирования использован пакет программ AnyLogic 7 Personal Learning Edition. Предложена техническая реализация тормозной системы с сегментированными тормозными колодками.

Ключевые слова: автоматизация, контроль, степень износа тормозных колодок, нейросетевое моделирование.

Введение

В интересах повышения безопасности водителей и пассажиров всегда следует уделять особое внимание состоянию тормозной системы автомобиля. Одним из показателей этого состояния является степень износа тормозных колодок, в зависимости от величины которой принимается решение о последующей их эксплуатации или о срочной замене указанных расходных компонентов. Скорость износа тормозных колодок зависит от интенсивности эксплуатации транспортного средства, а также от манеры торможения, присущего данному водителю. При резких и частых торможениях возможно неравномерное соприкосновение фрикционных участков тормозных колодок и тормозных дисков, что приводит к их быстрому нагреванию, стиранию и (или) преимущественному разрушению.

Таким образом, на тормозных колодках и дисках формируются отдельные участки с большей потёртостью. К примеру, тормозные колодки могут иметь более стёртые набегающие на тормозной диск или сбегающие с тормозного диска участки или более протёртую срединную часть тормозной поверхности. При значительных перепадах по толщине таких участков осуществля-

емое водителем экстренное торможение транспортного средства может сопровождаться скрежетами, скрипами, боковыми заносами, формированием значительных участков торможения или выходом из строя одного из контуров торможения и др. факторами, угрожающими безопасности дорожного движения. Отдельные авторы исследовали проблематику проектирования тормозных систем [1], однако, требуются новые подходы с позиции имитационного моделирования и использования для этого нейросетей. В этой связи, моделирование процессов торможения для определения степени износа тормозной колодки в зависимости от манеры езды водителя представляется актуальным.

Концепция модели

Ядром расчётной методики будет являться имитационная модель, реализованная на принципах нейросети. Тормозные воздействия классифицируются, в основном, как набегающего и сбегающего (краевого) воздействия; срединного воздействия; точечного воздействия; характеризуются длительностью, усилием и интенсивностью воздействия.

При устойчиво повторяющемся характере тормозных воздействий стиранию будут подвержены преиму-

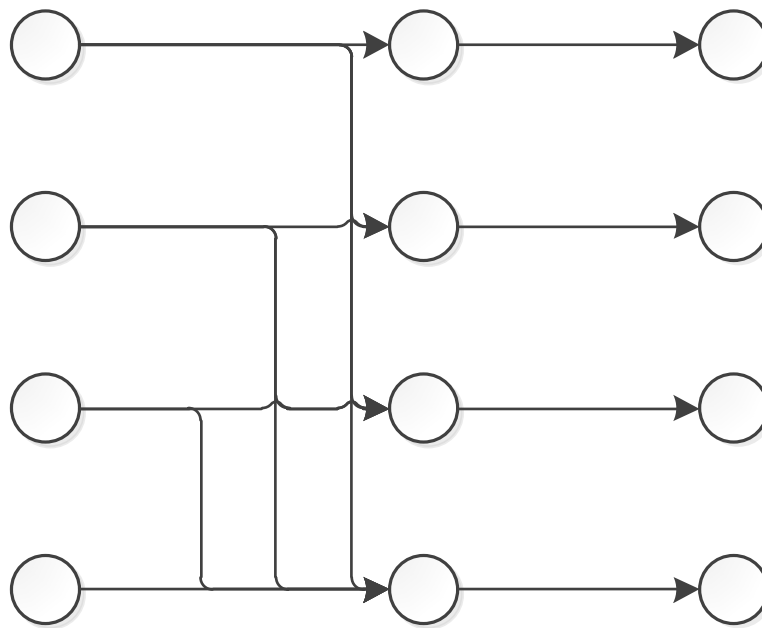


Рис. 1. Схема нейросети модели стирания сегментов тормозной колодки

щественно одни и те же сегменты тормозной колодки, что может привести к недопустимо малым значениям их толщины и замене колодки. Оптимальным решением был бы равномерный износ всех сегментов тормозной колодки. Для этой цели необходимо либо равномерно распределить тормозные усилия по всей поверхности тормозной колодки (осуществлять плавные и длительные торможения), либо осуществлять динамическую замену более стираемых на менее стираемые сегменты тормозной колодки. Последнее на настоящий момент технически не реализовано.

Рассмотрим следующие допущения.

1. Тормозная колодка будет разделена на равные квадратные сегменты, которые будут подвергаться различным тормозным воздействиям, в результате которых будет изменяться их толщина за счёт стирания фрикционной поверхности.

2. Количество тормозных сегментов равно n (в данной модели $n = 4$), которые подвергаются тормозным воздействиям p различной интенсивности и продолжительности.

3. Для фрикционной поверхности тормозной колодки из 4 сегментов определены тормозные воздействия четырёх видов. Первое воздействие одинаково влияет на все 4 сегмента тормозной колодки. Второе воздействие одинаково влияет на три сегмента тормозной колодки и не влияет на четвёртый сегмент этой колодки. Третье воздействие одинаково влияет на два сегмента

тормозной колодки и не влияет на остальные сегменты этой колодки. Четвёртое воздействие влияет на один сегмент тормозной колодки и не влияет на три остальных сегмента этой колодки.

4. Влияние воздействия на отдельный сегмент тормозной колодки заключается в одинаковом уменьшении толщины фрикционной накладке по всей поверхности данного сегмента. В результате моделирования различных манер торможения путём комбинирования различных значений тормозных воздействий можно добиться в течение интервалов модельного времени неодинаковых значений толщины фрикционных накладок отдельных сегментов тормозной колодки, что будет отмечено на соответствующих диаграммах.

Концепцию данной модели можно реализовать на искусственной нейронной сети, построенной по принципу построения биологической нейронной сети или сети клеток нервной системы живого организма (Рисунок 1).

Нейросеть, как концепция, сформировалась в процессе изучения деятельности мозга и последующих попытках моделирования указанной деятельности. Учёные У. Маккалок и У. Питтс [2] были первыми, кто построил подобные сети. В последующем, предложенный метод стал применяться при решении задач прогнозирования, распознавания образов, управления и трудно формализуемых процессов [3, 4].

Искусственная нейронная сеть представлена системой взаимосвязанных процессоров (вычислительных

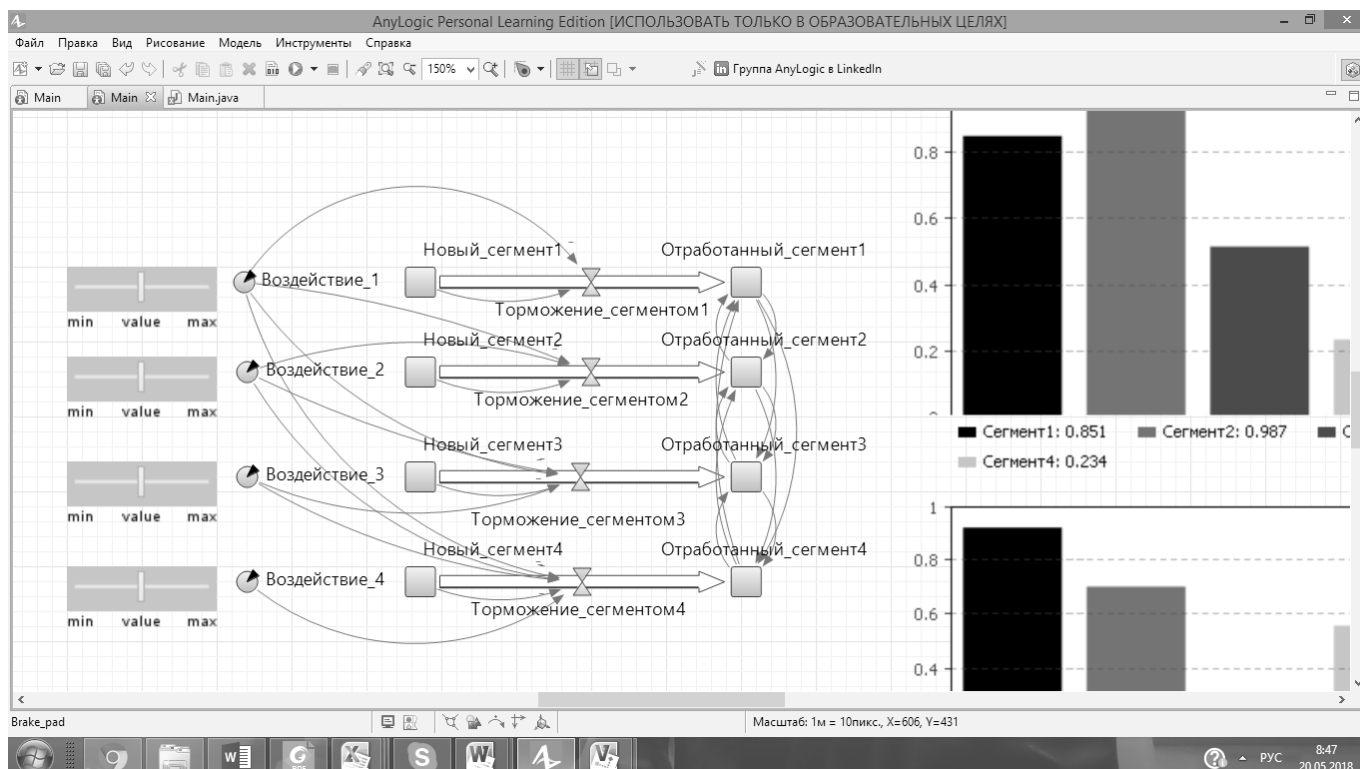


Рис. 2. Схема нейросети, реализованная в редакторе AnyLogic 7 PLE

узлов), которые можно назвать искусственными нейронами.

Каждый из процессоров рассматриваемой сети обрабатывает поступающие на свой вход сигналы и формирует сигналы, посылаемые другим, связанным с ним, процессорам. Таким образом, полученная вычислительная сеть с управляющими воздействиями, способна к выполнению трудно формализуемых задач.

Состав модели

Входными нейронами будут являться четыре тормозных воздействия со значениями, регулируемые исследователем от минимального (0) до максимального (100%) воздействия (Рисунок 1). Скрытыми нейронами будут обозначены четыре сегмента тормозной колодки в исходном (новом) состоянии при первоначальной толщине тормозной поверхности, выходными нейронами являются четыре сегмента тормозной колодки в рабочем состоянии с уменьшившейся толщиной тормозной поверхности. Толщина каждого сегмента тормозной колодки отражается на диаграмме.

Процесс обучения данной сети будет заключаться в поиске оптимальной комбинации значений тормозных воздействий, которые должны обеспечить примерное

равенство значений изменения толщины каждого сегмента тормозной колодки.

Реализация модели

Данная модель была реализована в программном комплексе AnyLogic 7 Personal Learning Edition (PLE) [5]. На Рисунке 2 представлена схема нейросети, реализованная в редакторе AnyLogic 7 PLE.

На первый взгляд, таким «идеальным» тормозным воздействием является первое воздействие. Однако, при вмешательстве в процесс торможения остальных тормозных воздействий баланс толщины сегментов нарушается.

Обратные связи между тормозными сегментами, должны минимизировать влияние остальных тормозных воздействий за счёт снижения их значений и увеличения первого тормозного воздействия. На практике, в простейшем приближении это может означать постепенное, плавное и длительное торможение всеми тормозными сегментами.

Однако, при неизменной агрессивной манере торможения водителя неодинаковость снашивания тормозных сегментов должна компенсироваться их автоматической

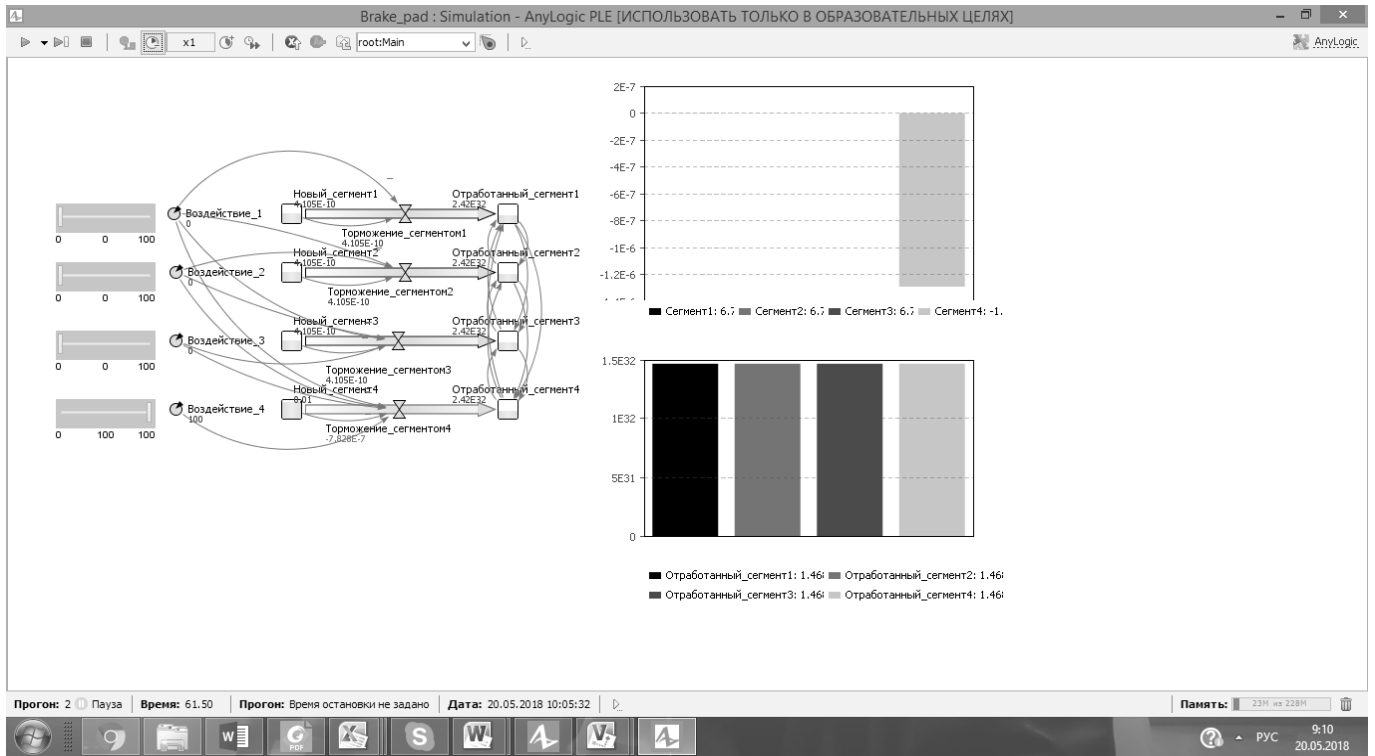


Рис. 3. Результат моделирования преимущественного стирания 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

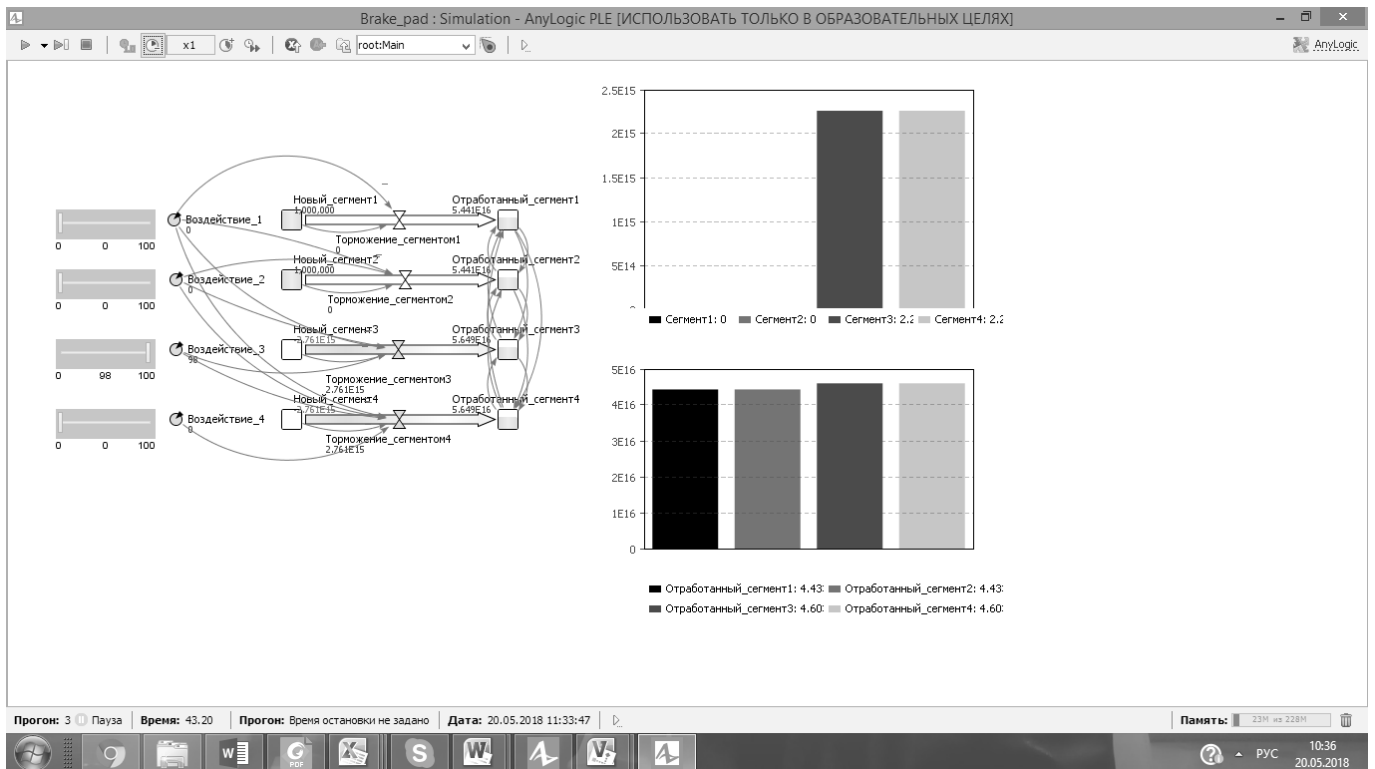


Рис. 4. Результат моделирования преимущественного стирания 3 и 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

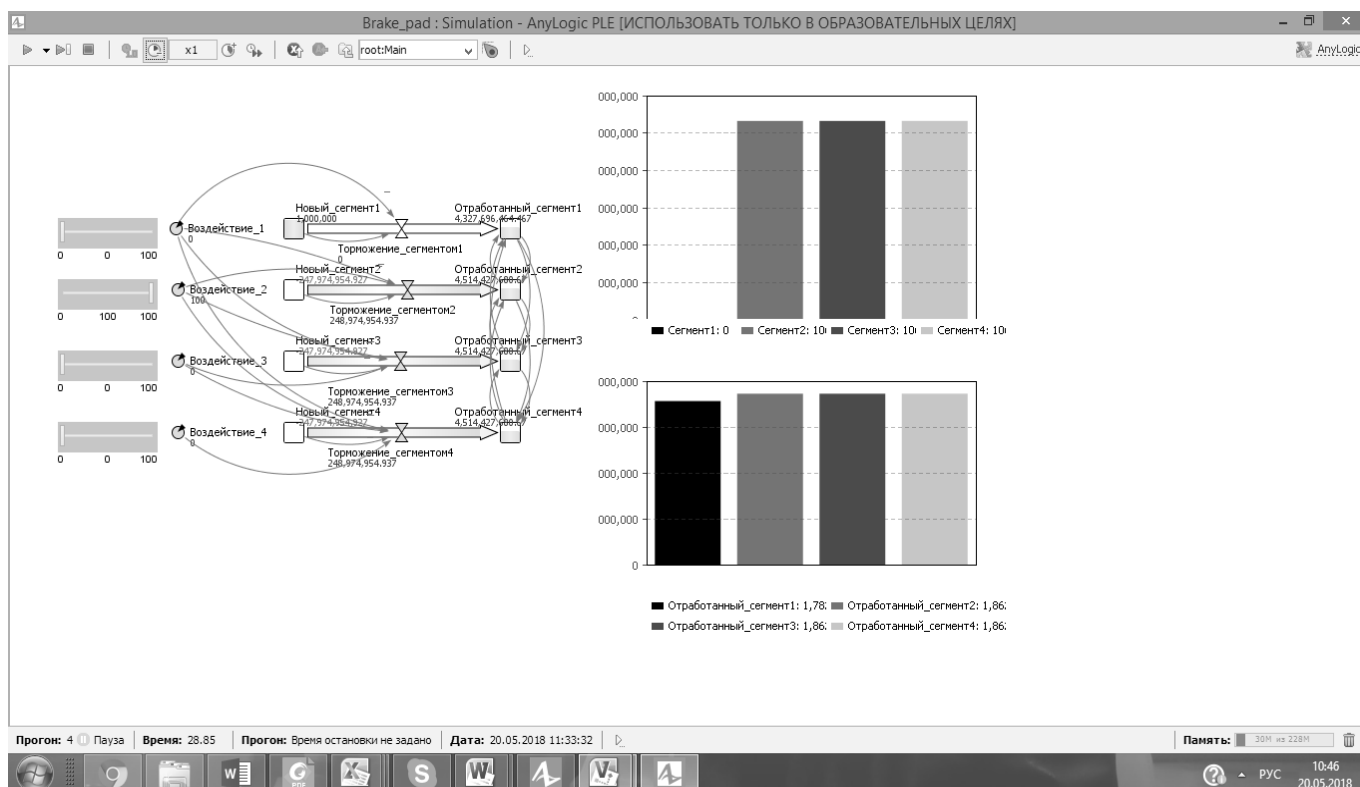


Рис. 5. Результат моделирования преимущественного стирания 2, 3 и 4 сегмента колодки и равномерное распределение тормозного воздействия

заменой их на менее изнашиваемые сегменты. К настоящему времени, ещё не разработаны тормозные колодки, которые в движении способны равномерно обеспечивать изнашивание собственных тормозных поверхностей путём динамической замены их тормозных сегментов.

Результаты моделирования

На Рисунках 3,4,5 представлены результаты моделирования исходя из вариантов неравномерного стирания сегментов тормозной колодки.

Техническая реализация тормозной колодки с динамически меняющимися тормозными сегментами.

Как вариант такого технического решения, это могли быть тормозные колодки в форме кругов, произвольно вращающиеся относительно своих геометрических центров, что позволит в движении произвольно менять участки соприкосновения вращающихся тормозных колодок с тормозными дисками, тем самым добиваясь равномерного их изнашивания.

Более сложная техническая система будет заключаться в измерении различными датчиками (лазерными, ультразвуковыми и др.) толщины сегментов тормозной колодки.

При выявлении неодинаковых значений толщины тормозных сегментов блоком управления тормозной системы происходит формирование различных по силе давления тормозных воздействий за счёт индивидуально управляемых выдвигаемых тормозных штоков, воздействующих на соответствующий тормозной сегмент.

Существующая гидравлическая система торможения автомобиля в этой связи может не справиться с подобной задачей ввиду собственной инерционности и больших габаритов и потому может быть заменена на систему управляемых электромагнитных устройств.

Заключение

Таким образом, обеспечение равномерного изнашивания тормозной колодки автомобиля возможно путём разделения данной колодки на равновеликие сегменты, отдельно управляемые микропроцессорной тормозной системой, регистрирующей динамику изменения толщины каждого сегмента и перераспределяющую индивидуальные регулируемые тормозные воздействия на каждый сегмент тормозной колодки путём использования электромагнитных исполнительных устройств вместо применяемого гидравлического принципа торможения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков, П.А., Федотов, Е.С., Полякова, Е. А. Метод проектирования современных тормозных механизмов с сервоусилением // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 7. С. 39–50. DOI: 10.21285/1814–3520–2017–7–39–50.
2. Мак-Каллок, У. С., Питтс, В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности // Автоматы / Под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956. — С. 363–384.
3. Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J. Learning Internal Representations by Error Propagation // Parallel Distributed Processing. Vol. 1. — Cambridge, MA: MIT Press, 1986. P. 318–362.
4. Калацкая Л. В., Новиков В. А., Садов В. С. Организация и обучение искусственных нейронных сетей: Экспериментальное учеб. пособие. — Минск: Изд-во БГУ, 2003. — 72 с.
5. AnyLogic 7 Personal Learning Edition 7.1.2. Билд: 7.1.2.201502051939 x64. Режим доступа: <http://www.anylogic.ru/> (дата обращения 20.05.2018).

© Варакушин Сергей Александрович (Lib.mospolytech@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный технический университет