

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГИИ НА ПРЕОДОЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАССОГЛАСОВАНИЯ В ТРАНСМИССИИ ПОЛНОПРИВОДНЫХ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

В статье рассмотрены существующие способы устранения кинематического рассогласования в тележке среднего и заднего ведущих мостов полноприводных тягово-транспортных средств (ТТС). Установлено, что наиболее рациональным способом минимизации кинематического рассогласования является установка системы автоматического управления давлением в шинах полноприводного ТТС. Предложен вариант алгоритма системы управления давлением воздуха в шинах полноприводного ТТС при его эксплуатации для уменьшения кинематического рассогласования. Предложенный алгоритм управления давлением в шинах ТТС позволяет корректировать давление в шинах полноприводных ТТС исходя из степени загруженности автомобиля, а также при изменении типа шин устанавливаемых на автомобиль, что минимизирует наличие кинематического рассогласования в его трансмиссии. Применение автоматической системы управления давлением в шинах ТТС позволяет повысить его энергоэффективность при эксплуатации. Перечисленные способы минимизации кинематического рассогласования не являются универсальными и не могут быть применены в связи с необходимостью внесения существенных как конструкторских, так и технологических изменений. В условиях капитального ремонта наиболее целесообразным является внедрение системы, которая бы минимизировала кинематическое рассогласование в трансмиссии, не изменяя её конструкции, за счет изменения давлений в шинах автомобиля до выравнивания радиусов качения колес. Эта система должна включать в себя ЭБУ, а также датчики давления в каждом колесе и датчик крутящего момента, который бы сообщал, какая из осей является тормозящей. Данная система предназначена для поддержания одинакового давления в шинах средней и задней осей автомобиля. Эта подсистема получает на входе показатели давления в шинах от датчиков давления, преобразовывает полученные показатели в оцифрованные значения, осуществляет их анализ по заданному алгоритму и выдает управляющие воздействия на блок подкачки шин. Подсистема хранит признак выравнивания давления в шинах обеих осей. Алгоритмы работы подсистемы для передней и задней оси аналогичны.

Ключевые слова: энергоэффективность, трансмиссия ТТС, кинематическое рассогласование, давление в шинах, система управления давлением.

Введение

При проектировании трактора неизменным остается стремление конструкторов к реализации его максимальной тяговой мощности. Компоновка тракторов по схеме 4×4 позволяет полнее реализовывать их сцепной вес. Тяговая динамика таких тракторов в основном зависит от типа привода крутящего момента на ведущие мосты. Привод крутящего момента может осуществляться через муфту свободного хода, межосевой дифференциал и быть заблокированным.

Широко применяемые межосевые муфты свободного хода автоматизируют включение и выключение одного из ведущих мостов и исключают негативные последствия кинематического несоответствия. Вместе с тем, их применение снижает эффективность использования силы тяги второго моста, подключаемого с неким, конструктивно заложенным, запаздыванием. Включение муфты свободного хода происходит при буксовании постоянно включенных колес в пределах 4...6 %.

Известно [1-4], что радиус качения автомобильного колеса зависит от трех составляющих: нормальной нагрузки на колесо, давления воздуха в шинах, а также параметров самой шины, его тангенциальной жесткости типоразмера.

У ТТС с заблокированным приводом всегда имеется некоторое кинематическое несоответствие между передними и задними колесами. Появление кинематического рассогласования сопровождается дополнительными потерями мощности двигателя, а также повышенным износом элементов трансмиссии и покрышек колес [5, 6, 7].

Экспериментальные исследования [1] показали, что радиусы колес грузовых автомобилей существенно изменяются в зависимости от загрузки ТТС, законы изменения радиусов качения колес передней и задней осей носят нелинейный характер и существенно отличаются друг относительно

друга [1].

Таким образом, для получения наибольшего тягового усилия и проходимости в неблагоприятных условиях по сцеплению ходовой аппарат полноприводного колесного ТТС должен обеспечивать жестко заблокированный привод крутящего момента по мостам, при сохранении кинематического соответствия между ними.

Целью данного исследования является улучшение эксплуатационных показателей полноприводного ТТС при движении с заблокированным приводом путем снижения величины затрачиваемой энергии на преодоление кинематического рассогласования.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследования:

- обосновать необходимость разработки системы автоматического управления давлением в шинах полноприводного ТТС;
- разработать алгоритм управления давлением воздуха в шинах полноприводного ТТС при его эксплуатации для уменьшения кинематического рассогласования в трансмиссии.

Создание алгоритма работы подсистемы поддержки одинакового давления в шинах одной оси

В Украине в эксплуатации находится большое количество автомобилей повышенной проходимости, которые используются в вооруженных силах Украины, а так же в сельскохозяйственной отрасли. Конструкции этих автомобилей были разработаны свыше 40 лет тому назад и существенно не изменялись. Одним из главных недостатков этих автомобилей является их низкая энергоэффективность. К этим автомобилям можно отнести автомобили семейств ЛуАЗ, УАЗ, ГАЗ-66, ЗИЛ-131, Урал, КраЗ и некоторые другие («Колхида», МАЗ, БАЗ).

При детальном рассмотрении конструкции трансмиссий этих автомобилей установлено, что в задней тележке автомобиля УРАЛ не установлен межосевой дифференциал [8], что вызывает дополнительные потери при движении транспортного средства, при кинематическом рассогласовании.

Существует несколько способов минимизации кинематического рассогласования. Наиболее эффективным, с точки зрения минимизации кинематического рассогласования, является изменение конструкции автомобиля и уход от полного привода, но данное решение не позволяет решить проблему повышенной проходимости. Кроме того, уменьшается грузоподъемность транспортного средства, а нагрузка на одну ось значительно увеличивается. Поэтому, как правило, на автомобилях высокой проходимости устанавливаются два или три ведущих моста.

На большегрузных автомобилях семейства «КамАЗ», также на некоторых автомобилях семейства «КраЗ» главной особенностью является то, что в среднем ведущем мосту устанавливается межосевой дифференциал, который выравнивает окружные скорости в тележке ведущих мостов [9] и предусмотрена возможность блокировки дифференциала в необходимых случаях по усмотрению водителя.

Все перечисленные способы минимизации кинематического рассогласования не являются универсальными и не могут быть применены в связи с необходимостью внесения существенных как конструкторских, так и технологических изменений.

В условиях капитального ремонта наиболее целесообразным является внедрение системы, которая бы минимизировала кинематическое рассогласование в трансмиссии, не изменяя её конструкции, за счет изменения давлений в шинах автомобиля до выравнивания радиусов качения колес. Эта система должна включать в себя ЭБУ, а также датчики давления в каждом колесе и датчик крутящего момента, который бы сообщал – какая из осей является тормозящей.

Система управления давлением в шинах автомобиля (далее Система) должна реализовывать следующие функции:

- поддержка одинакового давления в шинах одной оси;
- устранение паразитной мощности путем изменения радиуса качения колеса;
- установление необходимого давления в колесах автомобиля при эксплуатации автомобиля в полевых условиях.

Система должна состоять из следующих подсистем:

- подсистема поддержки одинакового давления в шинах одной оси;
- подсистема устранения паразитной мощности;
- подсистема обслуживания режима «Поле»;
- подсистема фиксации паразитного крутящего момента;
- подсистема подкачки шины.

Общая схема системы представлена на рис. 1. Данная система позволяет учитывать эксплуатацию автомобиля в разных условиях, для этого предусмотрен (*R*) переключатель режима работы системы. Этот переключатель может находиться в следующих положениях:

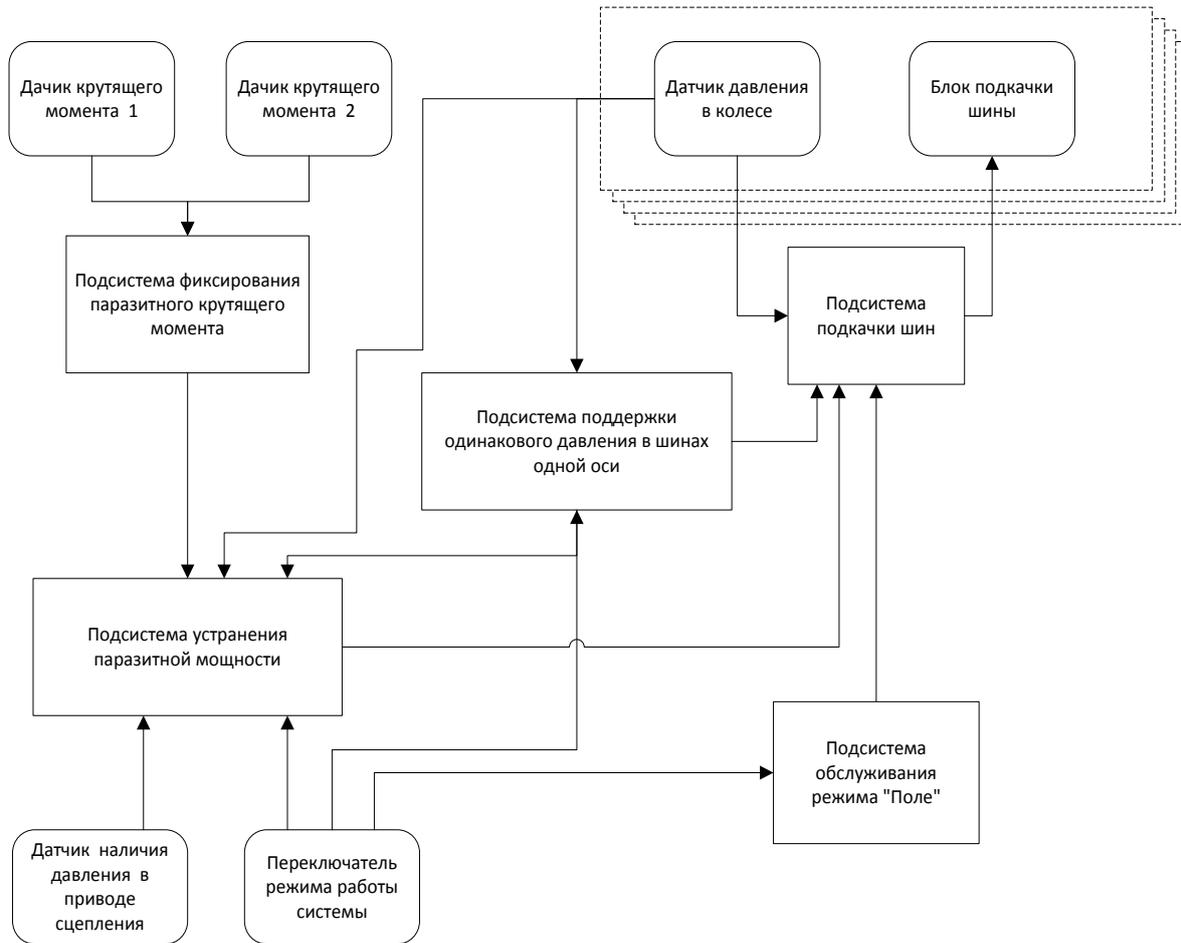


Рис. 1. Общая схема работы систем

- «Система выключена»;
- «Не загружен» – масса груза не превышает 33% от максимального.
- «Средняя загрузка» - масса груза находится в пределах 33%-66%.
- «Полная загрузка» - масса груза находится в пределах 66% – 100%;
- «Поле».

В положении «Система выключена» питание на нее не подается, давление в шинах остается прежним.

В положениях «Не загружен» и «Полная загрузка» работают подсистемы: поддержки одинакового давления в шинах одной оси и устранения паразитной мощности.

В положении «Поле» данные подсистемы отключаются, работает подсистема обслуживания режима «Поле».

На полноприводных автомобилях, как правило, установлен межколесный дифференциал, который выравнивает линейные скорости колес этой оси, что компенсирует кинематическое рассогласование возникающее в одной оси и исключает дополнительные потери топлива при движении. Однако при реализации работы всей системы необходимо чтобы данные считываемые с датчиков давления на колесах одной оси не вносили дополнительную корректировку. Как следствие необходимо поддерживать одинаковое давление в колесах одной оси. Общая схема подсистемы поддержания одинакового давления в шинах одной оси представлена на рис. 2.

Данная система предназначена для поддержания одинакового давления в шинах одной оси автомобиля. Эта подсистема получает на входе показатели давления в шинах от датчиков давления, преобразовывает полученные показатели в числовые оцифрованные значения, осуществляет их анализ по заданному алгоритму представленном на рис. 3 и выдает управляющие воздействия на блок подкачки шин.

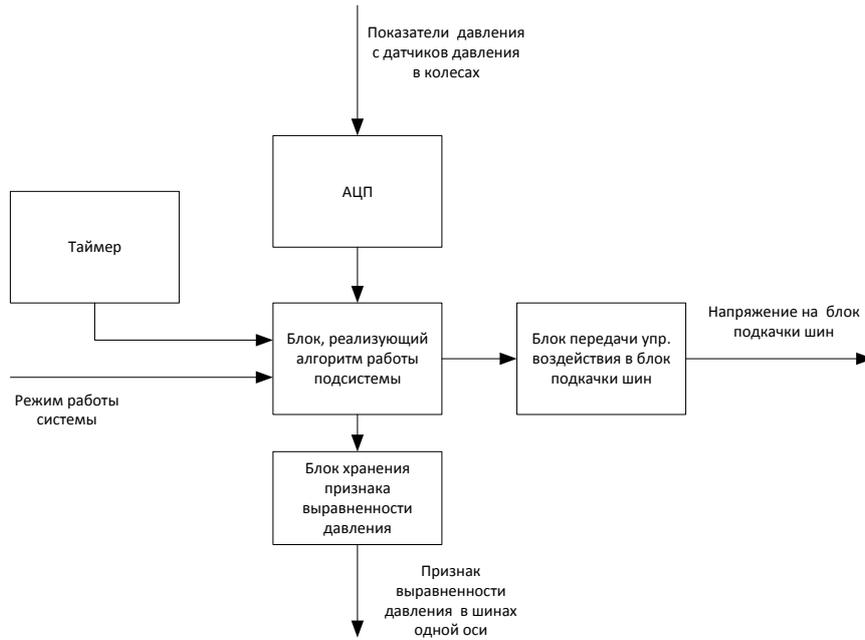


Рис. 2. Схема подсистемы поддержки одинакового давления в шинах одной оси

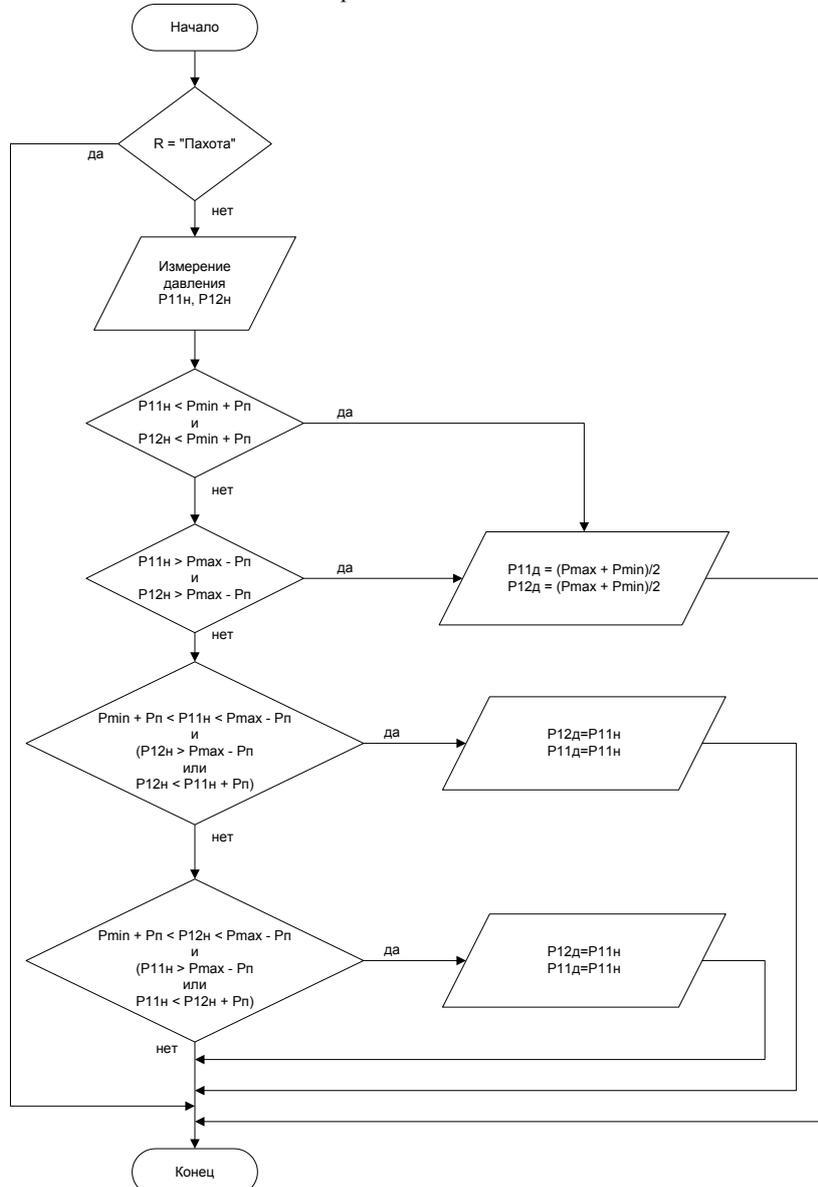


Рис. 3. Алгоритм работы подсистемы поддержки одинакового давления в шинах одной оси

Подсистема должна хранить признак выравнивания давления в шинах обеих осей. Этот признак используется затем подсистемой устранения паразитного крутящего момента.

Входные данные:

R – режим работы системы;

$P_{11н}$ – давление в левой шине средней оси в настоящий момент времени;

$P_{12н}$ – давление в правой шине средней оси в настоящий момент времени;

$P_{21н}$ – давление в левой шине задней оси в настоящий момент времени;

$P_{22н}$ – давление в правой шине задней оси в настоящий момент времени.

Выходные данные:

$P_{11д}$ – необходимое давление в левой шине средней оси;

$P_{12д}$ – необходимое давление в правой шине средней оси;

$P_{21д}$ – необходимое давление в левой шине задней оси;

$P_{22д}$ – необходимое давление в правой шине задней оси.

Алгоритм работы подсистемы поддержки одинакового давления в шинах одной оси, для средней оси, представлен на рисунке 3. Для задней оси алгоритм работы подсистемы аналогичен.

При установленном режиме работы «Не загружен» и «Полная загрузка» подсистема должна включаться периодически через каждые 10 минут во время работы автомобиля. Для этих целей в подсистеме должен быть установлен таймер.

Подсистема обслуживания режима «Поле» предназначена для установления заданного давления в шинах автомобиля, требуемого при эксплуатации автомобиля в полевых условиях. Система включается при установлении переключателя «Режим работы» в состояние «Поле».

Выводы

1. Рассмотрены существующие способы устранения кинематического рассогласования в тележке среднего и заднего ведущих мостов полноприводных ТТС.

2. Установлено, что наиболее эффективным способом минимизации кинематического рассогласования является установка системы автоматического управления давлением в шинах полноприводного ТТС.

3. Предложен вариант алгоритма системы управления давлением воздуха в шинах полноприводного ТТС при его эксплуатации для уменьшения кинематического рассогласования в его трансмиссии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Н. Н. Потапов, «Влияние смещения центра тяжести автомобиля при изменении нагрузки на радиусы колес,» у *Міжсвідомчий науковий збірник. Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, Украина: 2014, т. 2, вип. 99. с. 58-67.

[2] В. В. Ванцевич, «Повышение тяговых свойств полноприводных колесных тракторов,» в *Надежность мелиоративных машин*. Горки, Россия: 1987, с. 56-59.

[3] Н. А. Ульянов, *Колесные движители строительных и дорожных машин. Теория и расчет*. М., Россия: Машиностроение, 1982. 279 с.

[4] Е. А. Чудаков, *Теория автомобиля*. М., Россия: Машгиз, 1950. 343 с.

[5] Е. А. Чудаков, *Циркуляция паразитной мощности в механизмах бездифференциального автомобиля*. М., Россия: Машгиз, 1950. 79 с.

[6] Г. В. Зимелев, *Теория автомобиля*. М., Россия: Машгиз, 1959. 312 с.

[7] П. В. Аксенов, *Многоосные автомобили*. 2-е изд., перераб. и доп. М., Россия: Машиностроение, 1989. 280 с.

[8] А. А. Романченко, *Трехосные автомобили «Урал»*. М., Россия: Транспорт, 1978. 312 с.

[9] А. Е. Кузнецов, *Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту КамАЗ с колесной формулой 6×4 и 6×6*. М., Россия: Третий Рим, 2018. 268 с.

Потапов Николай Николаевич – ассистент кафедры технологии машиностроения и ремонта машин, e-mail: potapovnik1983@gmail.com.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, г. Харьков.

The reduction of energy on overcoming kinematic termination in transmission of fully drive traffic and vehicle means by regulating tire pressure is reduction

Kharkiv National Automobile and Highway University

The article discusses the existing methods for eliminating kinematic mismatch in the trolley of the middle and rear driving axles of four-wheel drive traction vehicles (TTS). It has been established that the most rational way to minimize kinematic mismatch is to install an automatic pressure control system in the tires of an all-wheel drive TTC. A variant of the algorithm for controlling the air pressure in the tires of an all-wheel drive TTC during its operation is proposed to reduce kinematic mismatch. The proposed algorithm for controlling the pressure in the TTC tires allows you to adjust the pressure in the tires of all-wheel drive TTC based on the degree of congestion of the car, as well as when changing the type of tires installed on the car, which minimizes the presence of kinematic mismatch in its transmission. The use of an automatic pressure control system in TTS tires allows to increase its energy efficiency during operation. The methods for minimizing the kinematic mismatch are not universal and cannot be applied due to the need to make significant design and technological changes. In terms of overhaul, the most appropriate is the introduction of a system that would minimize the kinematic mismatch in the transmission, without changing its design, by changing the pressure in the tires of the car until the rolling radii are aligned. This system should include an ECU, as well as pressure sensors in each wheel and a torque sensor that reports which of the axles is braking. This system is designed to maintain the same pressure in the tires of the middle and rear axles of the car. This subsystem receives the tire pressure indicators from the pressure sensors at the input, converts the obtained parameters into numerical digitized values, analyzes them according to a predetermined algorithm, and issues control actions to the tire inflation unit. The subsystem stores a sign of equal pressure in the tires of both axles. The subsystem operation algorithms for the front and rear axles are similar.

Key words: energy efficiency, transmission of traction transport, kinematic mismatch, tire pressure, pressure control system

Potapov Nikolaj – Assistant of the Department of Mechanical Engineering Technology and Machine Repair, e-mail: potapovnik1983@gmail.com.

М. М. Потапов

Зниження енергії на подолання кінематичної неузгодженості в трансмісії повнопривідних тягово-транспортних засобів регулюванням тиску в шинах

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

У статті розглянуто існуючі способи усунення кінематичної неузгодженості у візку середнього і заднього провідних мостів повнопривідних тягово-транспортних засобів (ТТЗ). Встановлено, що найбільш раціональним способом мінімізації кінематичної неузгодженості є встановлення системи автоматичного керування тиском в шинах повнопривідного ТТЗ. Запропоновано варіант алгоритму системи керування тиском повітря в шинах повнопривідного ТТЗ при його експлуатації для зменшення кінематичної неузгодженості. Запропонований алгоритм керування тиском в шинах ТТЗ дозволяє коригувати тиск в шинах повнопривідних ТТЗ, виходячи зі ступеня завантаженості автомобіля, а також при зміні типу шин, що встановлюються на автомобіль, мінімізує наявність кінематичної неузгодженості в його трансмісії. Застосування автоматичної системи керування тиском в шинах ТТЗ дозволяє підвищити його енергоефективність при експлуатації. Перераховані способи мінімізації кінематичного неузгодженості не є універсальними і можуть бути застосовані у зв'язку з необхідністю внесення істотних як конструкторських, так і технологічних змін. В умовах капітального ремонту найбільш доцільним є впровадження системи, яка б мінімізувала кінематичну неузгодженість у трансмісії, не змінюючи її конструкції, за рахунок зміни тиску в шинах автомобіля до вирівнювання радіусів кочення коліс. Ця система повинна включати в себе ЕБУ, а також датчики тиску в кожному колесі і датчик крутного моменту, який би повідомляв яка з осей гальмує. Така система призначена для підтримки однакового тиску в шинах середньої і задньої осей автомобіля. Ця підсистема одержує на вході показники тиску в шинах від датчиків тиску, перетворює отримані показники в оцифровані значення, здійснює їх аналіз за заданим алгоритмом і видає керуючі впливи на блок підкачки шин. Підсистема зберігає ознаку вирівняності тиску в шинах обох осей. Алгоритми роботи підсистеми для передньої і задньої осей аналогічні.

Ключові слова: енергоефективність, трансмісія ТТС, кінематичне неузгодженість, тиск в шинах, система керування тиском.

Потапов Микола Миколайович – асистент кафедри технології машинобудування і ремонту машин, e-mail: potapovnik1983@gmail.com.