

---

УДК 629.113

*А. С. Мельников, М. Е. Лустенков, А. А. Мельников*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАДНЕГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА**

---

UDC 629.113

*A. S. Melnikov, M. E. Lustenkov, A. A. Melnikov*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF REAR BRAKE MECHANISM OF WHEELED TRACTORS**

### **Аннотация**

Рассматривается разработанный тормозной механизм задних колес ведущего моста колесного трактора. Предложенный тормозной механизм позволяет повысить эффективность работы путем создания эффекта самоусиления.

### **Ключевые слова:**

тормозной механизм, повышение эффективности, самоусиление.

### **Abstract**

The brake mechanism developed for rear wheels of the driving axle of a wheeled tractor is considered. The braking mechanism proposed makes it possible to increase the efficiency of operation by creating a self-enhancement effect.

### **Keywords:**

brake mechanism, efficiency improvement, self-enhancement.

---

### ***Введение***

Повышение энергонасыщенности, веса и средних скоростей движения тракторов, выпускаемых Минским тракторным заводом, потребовало повышения эффективности тормозной системы, устанавливаемой на тракторы.

Предлагается оснастить задние колеса тракторов, выпускаемых Минским тракторным заводом, разработанным тормозным механизмом. Это позволит добиться повышения эффективности торможения путем полного использования веса трактора, приходящегося на задние колеса. Согласно требованиям, предъявляемым к тормозному механизму трактора, и исходя из условий работы трактора, была принята конструкция дискового тормоза закрытого типа для задних колес [1–8].

Отличие разработанного тормозного механизма заключается в создании условий для снижения величины необходимых приводных усилий на основании использования эффекта самоусиления.

### ***Цель исследования***

Цель исследования – повышение эффективности торможения колеса трактора путем полного использования сцепного веса, приходящегося на задние колеса при увеличении общего веса трактора, возникающего при развитии его конструкции, на основе разработки тормозного механизма, обладающего высокими значениями создаваемых тормозных моментов.

### Методика исследования

Для формирования требований к разрабатываемому тормозному механизму, выбора оптимальной схемы интеграции тормозного механизма в конструкцию заднего моста и определения его основных параметров рассмотрим тормозные системы тракторов ведущих фирм-производителей.

Учитывая, что тормозной механизм разрабатывается исходя из конструктивных особенностей тракторов, выпускаемых Минским тракторным заводом, рассмотрим более подробно тормозные механизмы и их размещение в конструкции заднего моста трактора «Беларус-1523».

На основе анализа тормозов, используемых в колесных тракторах ведущих фирм-производителей тракторов, можно определить общие принципы построения тормозных систем колесных тракторов.

Особенности конструкции тормозных систем отдельных моделей тракторов представлены в табл. 1.

Рабочие тормоза подавляющего большинства тракторов фирм «Сэйм» (SAME), «Ситайр» (STEYR), «Казе Их» (CASE IH), «Мэсси Фергюсон» (MASSEY FERGUSON), «Линднер» (LINDNER) дисковые, работающие в масле, встроенные в задний мост и расположенные перед конечной передачей. Возросшие до 50 км/ч скорости движения тракторов при выполнении транспортных работ требуют повышения эффективности тормозных систем. В связи с этим в процессе торможения участвуют все ведущие колеса, что обеспечивается подключением переднего ведущего моста (ПВМ) при торможении или установкой отдельного тормоза в приводе ПВМ. Такие фирмы, как «Сэйм» (SAME), «Ламборгини» (LAMBORGHINI), «Хурлиман» (HURLIMAN), «Ландини» (LANDINI), «Дойтц» (DEUTZ), устанавливают тормоза в переднем ведущем мосту. Фирма «Джей Си Би» (JCB)

на тракторах серии Fastrac устанавливает сухие дисковые тормоза (как на легковых автомобилях). Привод тормозных механизмов чаще всего является гидравлическим, используются усилители. Рабочие тормоза имеют, как правило, раздельный, двухпедальный привод на правую и левую стороны, педали блокируются различными устройствами [1].

Используемые в настоящее время тормоза задних колес трактора «Беларус-1523», представленные на рис. 1, являются дисковыми. Фрикционные диски 2 установлены на шлицевых концах ведущих шестерен конечных передач 8. Нажимные диски 5 конструктивно подобны применяемым в сухих тормозах, но имеют уменьшенный угол подъема лунок под шарики для обеспечения необходимого усилия сжатия пакетов фрикционных и промежуточных дисков.

Промежуточные диски 3 фиксируются от проворота в корпусах 7 и 1 при помощи заплечников, выполненных на наружном контуре. Герметичность масляных ванн обеспечивается уплотнительными кольцами, прокладками и резиновыми чехлами. Корпуса снабжены контрольными и сливными пробками. Управление тормозами осуществляется через валик педалей 4. Вместе с фрикционными дисками 2 в шлицевых концах ведущих шестерен конечных передач 8 размещена муфта блокировки дифференциала 9.

Наиболее существенной особенностью данного дискового тормозного механизма, используемого для задних колес тракторов производства Минского тракторного завода, является его недостаточная эффективность при увеличившихся весе и средних скоростях движения, сложность, возрастание стоимости при применении гидравлического привода из-за необходимости повышения приводных усилий, при сохранении конструкции имеющегося тормозного механизма.

Табл. 1. Особенности конструкции тормозных систем тяговых колесных машин

Фирма	Серия	Мощность, л. с.	Максимальная скорость, км/ч	Рабочий тормоз	Стояночный тормоз	Примечание
«Сэйм» (SAME)	Frutteto	55...95	40	«Мокрые» дисковые с гидравлическим приводом, торможение четырех колес, раздельное торможение задних колес, два тормоза в конечных передачах переднего моста, минеральное масло	Независимый ручной привод рабочих тормозов заднего моста, рычаг слева	–
	Dorado	55...87	37			–
	Silver	90...135	40			Пневмопривод тормозов прицепа по заказу
	Iron	141...184				
	Diamond	227...277				
«Джон Дир» (JOHN DEERE)	5020	72...88	40	Одnodисковые в масляной ванне	–	–
	6020	80...160	40	Одnodисковые в масляной ванне, саморегулирующиеся, гидропривод, автоматическое подключение ПВМ	Независимый в масле, парковое положение в коробке передач	–
			50	Одnodисковые в масляной ванне, саморегулирующиеся, сервогидропривод	Независимый ленточный в масле, рычаг слева, парковое положение в коробке передач	
	7020	170...200	–	–	–	–
	8020	200...295	42			
	9020	375...450	40	Многodисковые серво-тормоза на обеих осях, гидропривод	Дополнительный ручной дисковый тормоз в коробке передач, парковое положение в коробке передач	–
«Мэсси Фергюсон» (MASSEY FERGUSON)	MF2400	66...82	40	В масляной ванне, гидропривод, торможение четырех колес	Торможение четырех колес, рычаг справа	–
	MF3400	67...98				
	MF4400	74...98				
	MF5300	82...120				
	MF 5400	75...120				

Продолжение табл. 1

Фирма	Серия	Мощность, л. с.	Максимальная скорость, км/ч	Рабочий тормоз	Стояночный тормоз	Примечание
«Мэсси Фергюсон» (MASSEY FERGUSON)	MF 6400	115...215	–	«Мокрые» дисковые, диаметр диска 356 мм, включение переднего моста при торможении, привод от гидросистемы трактора	Рычаг слева	–
	MF 7400	120...185		«Мокрые», два диска, диаметр диска 356 мм, включение переднего моста при торможении, привод от гидросистемы трактора		Комбинированный пневмопривод тормозов прицепа
	MF 8400	215...290		«Мокрые», четыре диска, диаметр диска 312 мм, площадь трения 1290 см <sup>2</sup> , включение переднего моста при торможении, привод от гидросистемы трактора		
«Дойтц Фар» (DEUTZ FAHR)	Agrokid	30...50	40	–	–	–
	Agrolux	50...90		Четыре дисковых «мокрых» тормоза передней оси однодисковые, задней оси многодисковые, гидропривод, минеральное масло	Механический привод рабочих тормозов задней оси, рычаг слева	–
	Agrocompact	70...95				
	Agroplus	58...101				
	Agrotron MK3	99...118	50	Дисковые в масле в заднем мосту, подключение при торможении переднего моста, гидропривод, минеральное масло		
		131...260				
Agrotron TTV	130...160					
«Фэндт» (FENDT)	200S	59...76	–	–	–	–
	Farmer 300Ci	92...112	40	Задние дисковые, передние барабанные, гидропривод, тормозная жидкость	Дисковый на карданном валу, на все колеса, рукоятка слева вытяжного типа	–
	Farmer 400 Vario	95...128	50	«Мокрые» многодисковые в заднем мосту, включение переднего моста при торможении, гидропривод, тормозная жидкость	Рычаг слева	По заказу: пневмопривод тормозов прицепа, моторный тормоз-замедлитель
	Favorit 700 Vario	126...185				Пневмопривод тормозов прицепа. По заказу моторный тормоз-замедлитель
	800 Vario	168...195				
	Favorit 900 Vario	198...310		«Мокрые» многодисковые в заднем мосту, «мокрый» многодисковый на карданном приводе переднего моста, пневмопривод	Рычаг выключения пружинного пневмоэнергосуммулятора	
828 EVO	180	65	Тормоза четырех колес, передние дисковые, пневмопривод, антиблокировочная система	–	–	

Окончание табл. 1

Фирма	Серия	Мощность, л. с.	Максимальная скорость, км/ч	Рабочий тормоз	Стояночный тормоз	Примечание
«Нью Холланд» (NEW HOLLAND)	TL	72...100	40	Четыре тормоза дисковые «мокрые» в заднем и переднем мостах, гидропривод	Ручной привод тормозов заднего моста, рычаг справа	—
	TS	101...136				
	TM	124...194				
	TVT	134...192	50		—	—
	TG	225...311		—	—	
«Ламборгини» (LAMBORGHINI)	R4	90...114	40	Передние и задние дисковые, гидропривод четырех тормозов, три режима торможения	Ручной привод задних тормозов	—
	R6	141...184				—
	R7	185...214				По заказу: пневмопривод тормозов прицепа
	R8	227...277				Пневмопривод тормозов прицепа

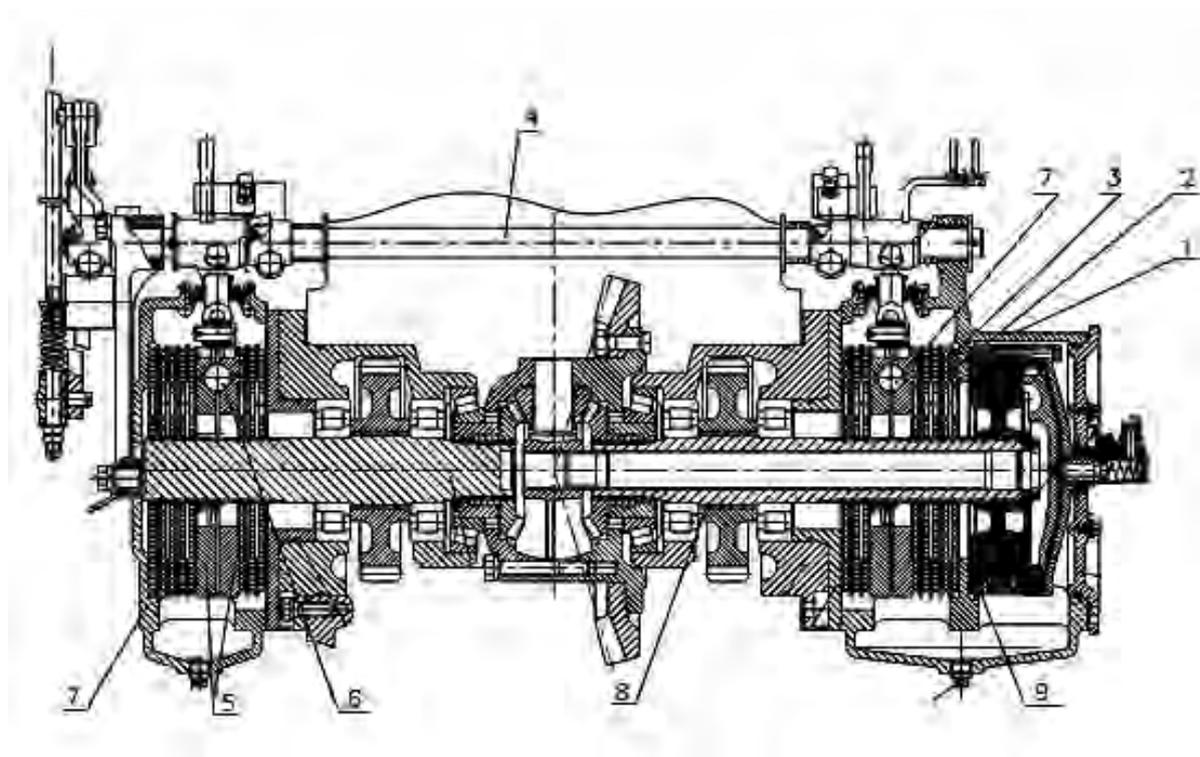


Рис. 1. Рабочие тормоза трактора «Беларус-1523»: 1 – корпус тормоза; 2 – диск фрикционный; 3 – диск промежуточный; 4 – валик педалей; 5 – диск нажимной; 6 – шарик; 7 – корпус тормоза; 8 – ведущая шестерня конечной передачи; 9 – муфта блокировки дифференциала

Это означает, что использование гидравлического привода дискового тормоза без изменения его конструкции влечет за собой увеличение общей стоимости и сложности как тормозной системы, так и самого трактора.

Недостаточная эффективность выражается в том, что используемый механизм не в состоянии создать необходимые усилия прижатия колодок к корпусу и тормозному кожуху, и вызвана повышением веса тракторов «Беларус-1523, -1222» и др., а также увеличением средних скоростей движения.

В связи с этим возникла задача повысить эффективность тормозных механизмов для обеспечения полного использования веса трактора, приходящегося на задние колеса, и гарантированности безопасности движения тракторов по дорогам общего пользования.

### ***Тормозной механизм задних колес трактора с самоусилением***

При разработке тормоза задних колес учитывались требования к тормозному механизму, сформированные исходя из условий работы трактора, минимальных материальных и финансовых затрат при разработке данного механизма.

Для разработанного дискового тормоза задних колес принята схема закрытого тормоза аналогично применяемой в настоящее время. Использование закрытого типа тормоза позволяет избежать воздействия внешних негативных факторов при работе трактора в неблагоприятных погодных и климатических условиях.

Исходя из удовлетворения требований по уменьшению стоимости и материалоемкости, связанных с изменением конструкции заднего моста трактора при установке тормозного механизма, разрабатываемый тормоз размещается на конструктивных элементах, использующихся для размещения штатного тормоза.

В данном случае используется имеющийся шлицевой вал для размещения тормозных дисков с фрикционными накладками. Корпус заднего моста с накладкой выполняет функцию неподвижной поверхности, как и в штатном тормозе. Механизм привода штатного тормоза используется для разработанного тормоза и сохранил свои основные конструктивные элементы.

Дисковые тормозные механизмы задних колес трактора показаны на рис. 2. Дисковые тормозные механизмы 1 установлены на корпусе заднего моста 3 колесного трактора и связаны с колесами трактора 4 через полуось 5 шестерни бортовой передачи и дифференциал 2.

Дисковый тормозной механизм (рис. 3) содержит: корпус 1, являющийся одновременно корпусом заднего моста трактора; кожух тормоза 13, зафиксированный неподвижно на корпусе 1 с помощью болтов 3 и 14; шлицевой вал 19; два нажимных диска 8 и 15, установленные на шлицевом валу 19 с помощью шлицевого соединения; две фрикционные накладки 9 и 18, прикрепленные к нажимным дискам 8 и 15; шарики 4, 7, 16 и 17; промежуточный диск 6, выполненный с двумя наклонными торцевыми поверхностями, свободно установленный на шлицевом валу 19 между двумя нажимными дисками 8 и 15, которые выполнены с наклонной торцевой поверхностью.

Шарики 4, 7, 16 и 17 установлены в канавках, выполненных в торцевых наклонных поверхностях промежуточного диска 6 и двух нажимных дисков 8 и 15. Каждая фрикционная накладка 9 и 18 прикреплена к рабочей поверхности соответствующего нажимного диска 8 и 15. Имеются две отжимные пружины 2 и 10. Первая отжимная пружина 2 установлена между корпусом 1 и нажимным диском 15; вторая отжимная пружина 10 установлена между нажимным диском 8 и шайбой 11, закрепленной на торце шлицевого вала 19 с помощью болта 12.

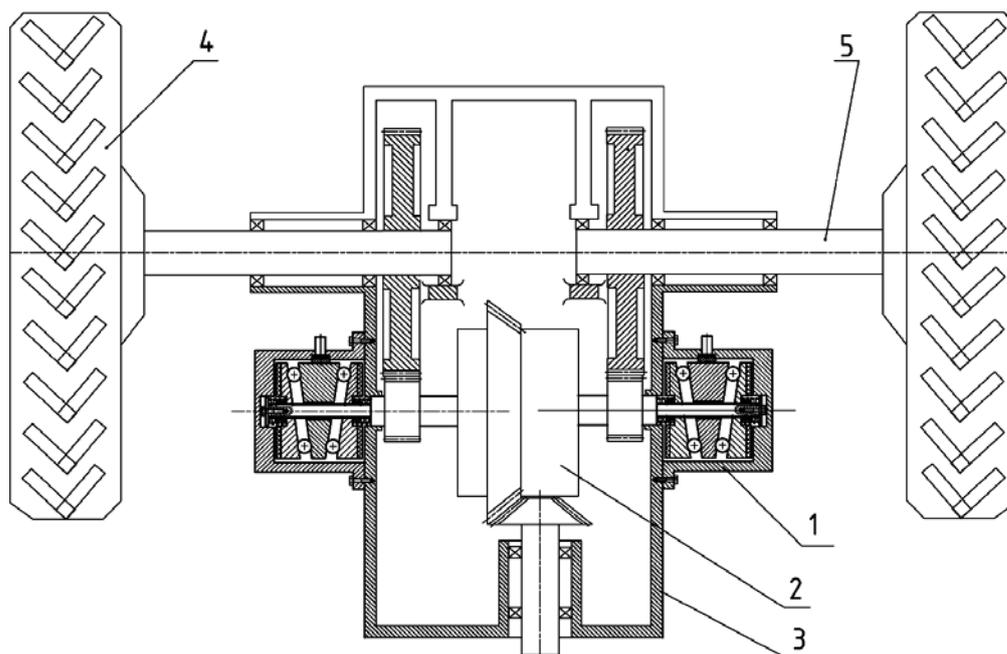


Рис. 2. Задний мост трактора с установленными тормозными механизмами: 1 – тормозной механизм; 2 – дифференциал; 3 – корпус заднего моста; 4 – заднее колесо; 5 – полуось

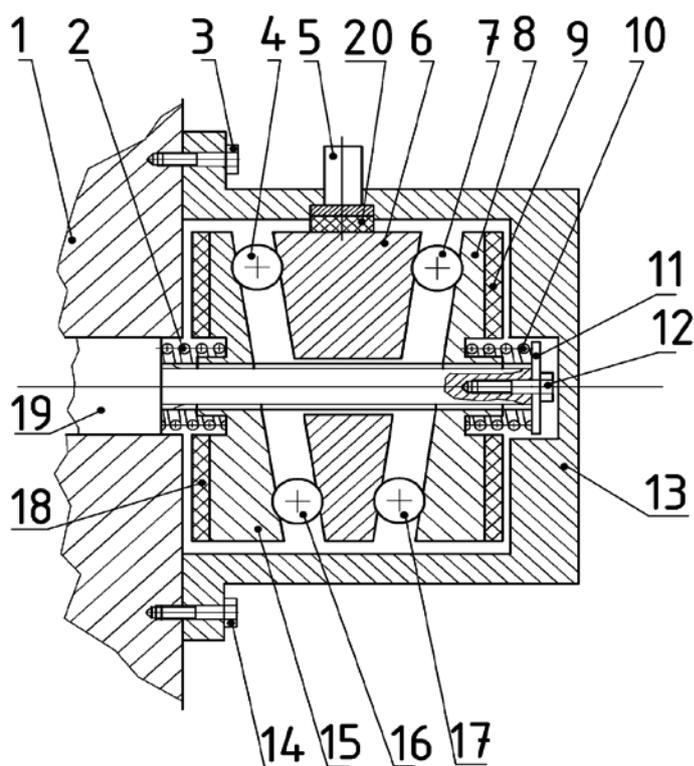


Рис. 3. Тормозной механизм: 1 – корпус заднего моста; 2 – возвратная пружина левая; 3 – винт крепления крышки; 4 – шарики; 5 – шток; 6 – промежуточный диск; 7 – корпус тормоза; 8 – ведущая шестерня конечной передачи; 9 – фрикционная накладка; 10 – возвратная пружина правая; 11 – упорная шайба; 12 – винт крепления шайбы; 13 – кожух; 14 – винт крепления крышки; 15 – нажимной диск; 16 – шарик; 17 – шарик; 18 – фрикционная накладка; 19 – шлицевой вал; 20 – фрикционная накладка

Шток 5 с фрикционной накладкой 20 установлен в кожухе тормоза 13 и контактирует с фрикционной накладкой 20 по боковой поверхности промежуточного диска 6.

Главное отличие разработанного тормозного механизма от своих прототипов заключается в том, что прижатие тормозных дисков происходит не под действием усилия оператора, а вследствие сил, возникающих в тормозном механизме при создании эффекта самоусиления. Оператор при этом прикладывает лишь управляющее воздействие.

При торможении прикладывается усилие к штоку 5 с фрикционной накладкой 20, установленному в кожухе тормоза 13. Шток 5 с фрикционной накладкой прижимается к промежуточному диску 6, выполненному с двумя наклонными торцевыми поверхностями, и останавливает его.

Остановленный промежуточный диск 6 разжимает нажимные диски 8 и 15, выполненные с одной наклонной торцевой поверхностью, с установленными на нажимные диски 8 и 15 фрикционными накладками 9 и 18, воздействуя на них через четыре шарика 4, 7, 16 и 17, равномерно расположенные по диаметру промежуточного диска 6.

Нажимные диски 8 и 15, закрепленные с помощью шлицевых соединений, продолжают вращаться на шлицевом валу 19.

Нажимной диск 15, преодолевая сопротивление пружины 2, установленной на шлицевом валу 19, прижимает фрикционную накладку 18 к корпусу 1 и затормаживает нажимной диск 15 и шлицевой вал 19.

Нажимной диск 8, преодолевая сопротивление пружины 10, зафиксированной на шлицевом валу 19 с помощью упорной шайбы 11 и болта 12, прижимается к кожуху тормоза 13, который закреплен на корпусе 1 с помощью болтов 3 и 14, и затормаживает нажимной диск 8 и шлицевой вал 19.

Шлицевой вал 19 передает

тормозное усилие через шестерни 24 на ведомый вал 22, который установлен в корпусе 1 на подшипниках 21, и затормаживает колесо трактора.

При растормаживании, после снятия усилия, приложенного к штоку 5 с фрикционной накладкой 20, установленному в кожухе тормоза 13, шток 5 с фрикционной накладкой 20 отходит от промежуточного диска 6 и промежуточный диск 6 растормаживается.

Под действием пружины 2, установленной на шлицевом валу 19, нажимной диск 15 отходит от корпуса 1, позволяя растормозить шлицевой вал 19. Под действием пружины 10, зафиксированной на шлицевом валу 19 с помощью упорной шайбы 11 и болта 12, второй нажимной диск 8 отходит от кожуха тормоза 13, который закреплен на корпусе 1 с помощью болтов 3 и 14, также позволяя растормозить шлицевой вал 19.

Нажимные диски 8 и 15 воздействуют на промежуточный диск 6 через четыре шарика 4, 7, 16 и 17, равномерно расположенные по его диаметру, поворачивая промежуточный диск 6, и растормаживают шлицевой вал 19.

### **Результаты исследования**

Разработанный тормозной механизм задних колес имеет конструктивные особенности, позволяющие устанавливать его на заднем мосту трактора без значительных изменений конструкции заднего моста трактора «Беларус-1523».

Тормозной механизм размещен на внешней боковой поверхности заднего моста трактора, тормозные диски с фрикционными накладками – на шлицевом валу, вращение которому передается от бортовой передачи заднего моста трактора. Схема размещения тормоза соответствует схеме размещения штатного тормоза.

Изменения коснулись шлицевого вала и крышки тормозного механизма. На шлицевом валу предусмотрено размещение возвратной пружины, функцию

крышки тормозного механизма в разработанном тормозе выполняет кожух тормоза, закрепляемый винтами к корпусу заднего моста.

Таким образом, разработанный дисковый тормоз для задних колес трактора «Беларус-1523» не требует значительного изменения конструкции заднего моста, а незначительные изменения касаются только двух деталей: шлицевого вала и крышки тормозного механизма.

В конструкции тормозного механизма реализован эффект самоусиления, позволяющий получать высокие значения тормозного момента без увеличения радиуса тормозных дисков и приводных усилий.

Принципиальное отличие разработанного тормоза заключается в том, что оператор не создает усилие, сжимающее тормозные диски, формируя тем самым тормозной момент, а управляет самоусилением тормоза. Управляющее воздействие оператора в этом случае значительно меньше усилия, необходимого для сжатия тормозных дисков, и не требует использования усилителей или гидравлического привода.

### *Заключение*

1. Разработанный тормозной механизм, создающий высокие значения тормозных моментов, повышает эффек-

тивность торможения трактора путем полного использования сцепного веса, приходящегося на задние колеса при увеличении общего веса трактора, возникающего при развитии его конструкции.

2. В тормозном механизме реализован эффект самоусиления, что позволяет повысить эффективность тормоза при сохранении массогеометрических параметров тормоза.

3. Разработанный тормозной механизм позволяет применить измерительные устройства, дающие возможность использования тормоза в составе антиблокировочной системы, функционирующей на принципе анализа силовых факторов, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью.

4. Конструктивные параметры разработанного тормозного механизма не требуют значительных изменений конструкции трактора при внедрении его в конструкцию заднего моста, что существенно снижает финансовые и материальные затраты, связанные с внедрением тормозного механизма в конструкцию тормозной системы трактора.

5. Использование тормоза на тракторах, выпускаемых Минским тракторным заводом, позволит повысить безопасность движения, увеличить объем реализации тракторной техники как на внутреннем, так и на внешнем рынке вследствие повышения эффективности тормозной системы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тормозные системы колесных машин: монография / И. С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – 351 с.
2. Повышение эффективности тормоза передних колес трактора МТЗ / А. С. Мельников [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 1. – С. 42–53.
3. Тормоз передних ведущих колес трактора «Беларус» / А. С. Мельников [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 3. – С. 33–40.
4. **Мамити, Г. И.** Проектирование тормозов автомобилей и мотоциклов / Г. И. Мамити. – Минск: Дизайн ПРО, 1997. – 111 с.
5. Барабанный тормозной механизм транспортного средства: пат. ВУ21724 / А. В. Юшкевич, М. Л. Петренко, А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амельченко. – Оpubл. 30.04.2018.
6. Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора: пат. ВУ 9620 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амельченко, А. Г. Стасилевич, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Оpubл. 30.10.2013.

7. Теоретический метод анализа эффективности и быстродействия барабанного тормоза / И. С. Сазонов [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 121–126.

8. Дисковый тормозной механизм: пат. ВУ 9621 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амелеченко, А. Г. Стасилевич, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Опубл. 30.10.2013.

*Статья сдана в редакцию 12 ноября 2020 года*

**Александр Сергеевич Мельников**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.

**Михаил Евгеньевич Лустенков**, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.

**Артем Александрович Мельников**, магистрант, Белорусско-Российский университет.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.

**Aleksandr Sergeyevich Melnikov**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.

**Mikhail Evgenyevich Lustenkov**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.

**Artem Aleksandrovich Melnikov**, MSc student, Belarusian-Russian University.  
E-mail: f\_av@bru. mogilev.by.