

# ТОРМОЗ ПЕРЕДНИХ ВЕДУЩИХ КОЛЕС ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

## BRAKE OF THE FRONT DRIVE WHEELS OF THE TRACTOR "BELARUS"

**А.С. МЕЛЬНИКОВ**, к.т.н.

**О.В. БИЛЫК**, к.т.н.

**ЧОЙ КИ-ЙОНГ**, к.т.н.

**А.А. МЕЛЬНИКОВ**

Белорусско-Российский университет, Могилев,  
Республика Беларусь, f\_av@bru.mogilev.by

**A.S. MEL'NIKOV**, PhD in Engineering

**O.V. BILYK**, PhD in Engineering

**KI-YONG CHOY**, PhD in Engineering

**A.A. MEL'NIKOV**

Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic of Belarus,  
f\_av@bru.mogilev.by

Увеличение энергонасыщенности новых моделей тракторов «Беларус», а также массы буксируемых прицепов и агрегатируемых с ними агротехнологических орудий потребовало повышения эффективности тормозной системы тракторов. Целью исследования является повышение эффективности тормозной системы колесного трактора «Беларус МТЗ» путем создания колесных тормозов для передней оси при минимальных изменениях ее штатной конструкции. Разработанный барабанный тормоз с гидравлическим приводом передних ведущих колес трактора «Беларус МТЗ-1221» не требует значительных изменений штатной конструкции переднего моста трактора МТЗ и является адаптивным к антиблокировочной системе, функционирующей на основе измерения и анализа силовых факторов. Конструкция разработанного тормозного механизма позволяет его адаптацию к антиблокировочной системе, функционирующей на основе измерения и анализа сил, возникающих в контакте колес переднего моста трактора с опорной поверхностью. Эффективность торможения трактора «Беларус МТЗ-1221» обеспечивается за счет дополнительного использования его сцепного веса, приходящегося на его передний мост. Разработан комплект конструкторской документации барабанного тормоза для передних ведущих колес трактора «Беларус МТЗ-1221». Использование дополнительного сцепного веса трактора за счет колесных тормозов колес переднего моста трактора «Беларус МТЗ-1221» позволит повысить эффективность его торможения, а также конкурентоспособность колесных тракторов, производимых ОАО «Минский тракторный завод». Стендовые испытания подтвердили возможность реализации тормозами расчетных моментов, которые соответствуют весовым нагрузкам, приходящим на передний мост трактора «Беларус МТЗ-1221». Следовательно, разработанный тормозной механизм обеспечит эффективное использование сцепного веса трактора «Беларус МТЗ-1221».

**Ключевые слова:** тормозная система, повышение эффективности, колесный редуктор, колесный тормоз, основные параметры, методика расчета, алгоритм проектирования, тормозной момент, адаптивность, антиблокировочная система.

The increase in the energy saturation of the new models of tractors "Belarus", as well as the mass of towed trailers and agro-technological tools that are mounted with them, required an increase in the efficiency of the tractor braking system. The purpose of the study is to increase the efficiency of the braking system of the wheeled tractor "Belarus MTZ" by creating wheel brakes for the front axle with minimal changes in its standard design. The developed drum brake with hydraulic drive of the front drive wheels of the tractor "Belarus MTZ-1221" does not require significant changes in the standard design of the front axle of the MTZ tractor and is adaptive to the anti-lock system, which operates on the basis of measurement and analysis of force factors. The design of the developed brake mechanism allows its adaptation to the anti-lock system, which operates on the basis of measuring and analyzing the forces that arise in the contact of the wheels of the front axle of the tractor with the supporting surface. The braking effect of the tractor "Belarus MTZ-1221" is provided by additional use of its coupling weight, which falls on its front axle. A set of design documentation for the drum brake for the front driving wheels of the tractor "Belarus MTZ-1221" was developed. The use of an additional traction weight of the tractor due to the wheel brakes of the wheels of the front axle of the tractor "Belarus MTZ-1221" will increase the efficiency of its braking, as well as increase the competitiveness of wheeled tractors produced by the JSC "Minsk tractor works". Bench tests confirmed the possibility of braking the calculated moments corresponding to the weight load on the front axle of the tractor "Belarus MTZ-1221". Consequently, the developed brake mechanism will ensure effective use of the tractive weight of "Belarus MTZ-1221" tractor.

**Keywords:** braking system, increase of efficiency, wheel reducer, wheel brake, basic parameters, calculation technique, design algorithm, braking torque, adaptability, anti-lock braking system.

## Введение

Выпуск новых энергонасыщенных моделей тракторов «Беларус», а также увеличение массы буксируемых прицепов и агрегатируемых с ними агротехнологических орудий потребовало повышения эффективности тормозной системы тракторов. Необходимо отметить, что передние колеса тракторов «Беларус» не имеют колесных тормозов. В то же время, колесные тракторы «Беларус» с прицепами/полуприцепами эксплуатируются на магистральных дорогах общего назначения.

Заметим, что в соответствии с предписанием Правила ЕЭК ООН № 13 [1–6] все колеса транспортного средства должны быть оснащены тормозами.

## Цель исследования

Целью исследований является повышение эффективности тормозной системы трактора «Беларус МТЗ-1221» путем создания колесных тормозов его передней оси [1, 7–10].

## Материалы и методы

Проведен анализ конструкции переднего ведущего моста трактора «Беларус МТЗ-1221», с целью включения колесных тормозов в его штатную конструкцию.

Колесная передача трактора «Беларус МТЗ-1221» (рис. 1) содержит колесный редуктор планетарно-цилиндрического типа. Редукторы смонтированы в корпусах соединенных с балкой моста с помощью осей 3 и могут поворачиваться относительно балки переднего ведущего моста на двух подшипниках 9. Соединение осей с корпусом колесного редуктора осуществляется с помощью болтов 4. Для регулировки угла поворота колесных редукторов служит винт 38 и контргайка 37. Смазка шкворневых осей 3 осуществляется через масленки 6, установленные на осях. От попадания грязи масленки защищены резиновыми колпачками 5. Для предотвращения попадания грязи к подшипникам шкворня в рукавах балки моста установлены стаканы 8 с уплотнительными резиновыми кольцами 7. Регулировка подшипников 9 шкворня осуществляется прокладками 2, расположенными только под верхними осями 3. Шкворневые оси 3 закреплены болтами 4, смазка осей осуществляется с помощью масленки 6, закрытой колпачком 5. Колесный редуктор 1 состоит из сдвоенного шарнира, цилиндрической и планетарной передач, ры-

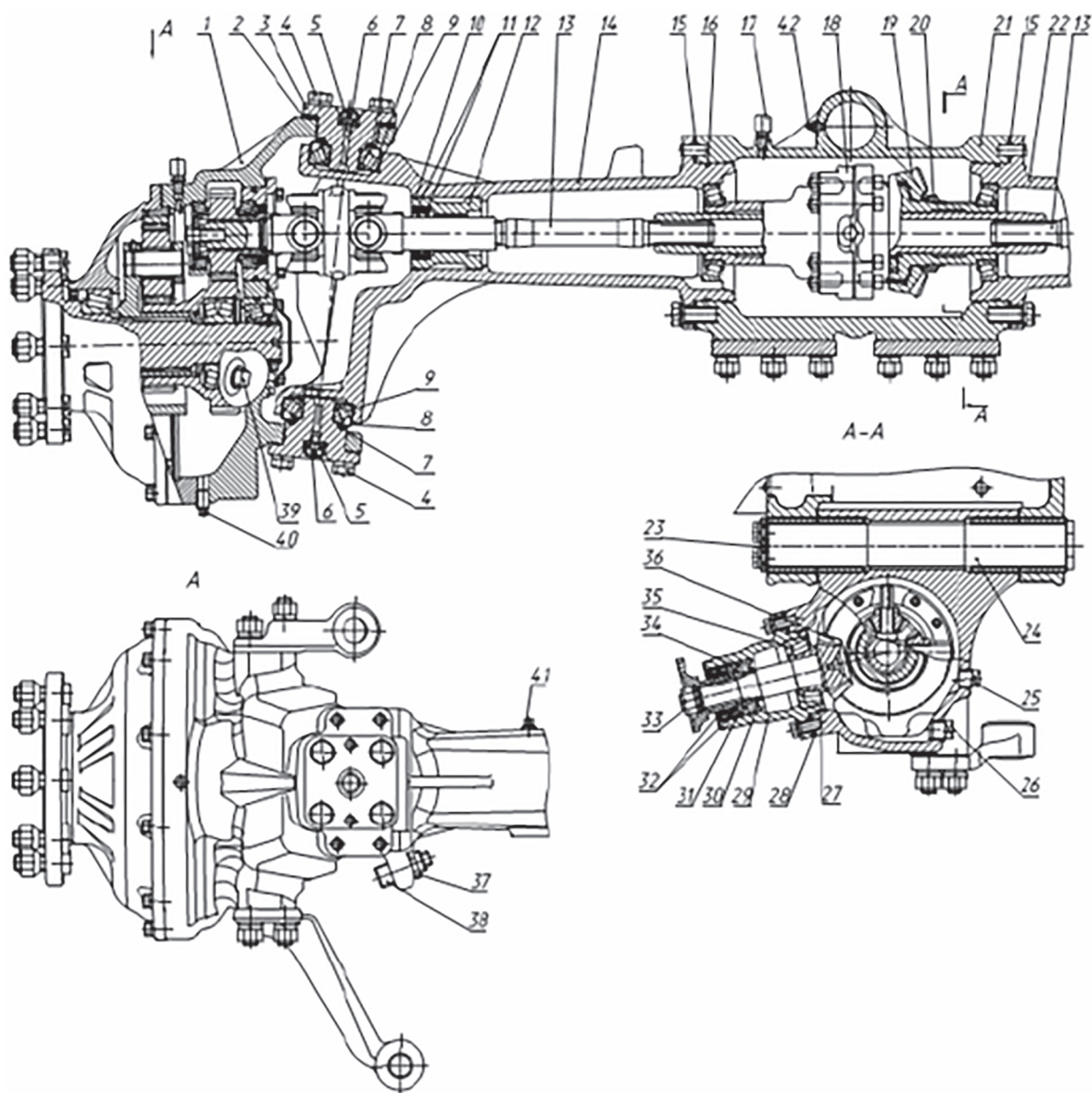
чагов управления поворотом передних колес. Сдвоенный шарнир соединен с дифференциалом переднего ведущего моста посредством полуосевого вала со шлицевыми концами 13 с одной стороны, а с другой – с ведущей шестерней цилиндрической передачи.

Ведущая шестерня монтируется на двух роликовых конических подшипниках. Один из них установлен в расточке корпуса редуктора, второй – в стакане. Корпус переднего ведущего моста 21, установленный на оси качания 24, которая смазывается с помощью масленки 42, содержит дифференциал 16 с конической ведомой шестерней 19 зафиксированной гайкой 20. Место посадки правого 22 и левого 14 рукавов, установленных в корпусе переднего моста 21, уплотнены кольцом резиновым 16, регулировка осуществляется регулировочными прокладками 15. Дифференциал 16 получает привод от ведущей конической шестерни 36, на которой установлен фланец, зафиксированный гайкой 33. Коническая шестерня 36 установлена в стакане 29 на роликовых подшипниках 34 и 35, уплотнение и регулировка обеспечивается кольцом резиновым 27, манжетой 32, маслосгонным кольцом 31, регулировочными шайбами 30 и регулировочными прокладками 28. Для заполнения маслом редуктора и переднего моста используются заливные пробки 39, 25, для слива масла – пробки 40, 41 и 26, для предотвращения создания в полости моста избыточного давления имеется сапун 17.

Анализ колесных тормозов ведущих фирм производителей тракторов показал, что несмотря на большое разнообразие тормозных систем отдельных моделей тракторов имеются и общие принципы, по которым строятся современные тормозные системы.

Рабочие тормоза подавляющего большинства тракторов – фирм «Сэйм» (SAME), «Ситайр» (STEYR), «Казе Их» (CASE IH), «Мэсси Фергюсон» (MASSEY FERGUSON), «Линднер» (LINDNER) и др. дисковые, работающие в масле, встроенные в задний мост и расположенные перед конечной передачей тракторов.

Вследствие увеличения максимальной скорости движения машинно-тракторного агрегата при выполнении транспортных работ до 50 км/ч в процессе торможения участвуют все ведущие колеса, что обеспечивается подключением переднего ведущего моста при торможении или установкой отдельного тормоза в приводе переднего ведущего



**Рис. 1. Передний ведущий мост трактора «Беларус МТЗ-1221»:**

- 1 – редуктор конечной передачи; 2, 15, 28 – регулировочные прокладки; 3 – ось шкворня; 4 – болт; 5 – колшачок; 6 – масленка; 7, 10, 16, 27 – кольцо резиновое; 8 – стакан; 9, 34, 35 – подшипник роликовый конический; 11, 32 – манжета; 12 – обойма; 13 – вал полуосевой; 14 – рукав левый; 17 – сапун; 18 – дифференциал; 19 – коническая ведомая шестерня; 20 – гайка; 21 – корпус переднего ведущего моста; 22 – рукав правый; 23 – шайба; 24 – ось качания; 25 – пробка; 26 – пробка сливная; 29 – стакан ведущей шестерни; 30 – регулировочные шайбы; 31 – маслосгонное кольцо; 33 – гайка; 36 – ведущая коническая шестерня; 37 – контргайка; 38 – винт; 39 – пробка заливная; 40 – пробка сливная; 41 – пробка заливная; 42 – масленка

моста. 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).

Управление тормозами гидравлическое, модели тракторов мощностью свыше 100 л. с., как правило, снабжены гидравлическим сервоусилителем.

Тракторы на французском рынке комплектуются гидравлическими системами торможения прицепов. Тракторов с комбинированной (одно- и двухпроводной) пневматической

системой торможения прицепов значительно меньше.

Привод рабочих тормозов отдельный, двухпедальный на правую и левую стороны, педали блокируются различными устройствами (планки, штыри, скобы).

Таким образом, на основе анализа конструктивных особенностей колесной передачи передних колес трактора «Беларус МТЗ-1221», рассмотренных тракторных тормозов различных фирм производителей, учитывая также разработанные ранее способы торможения колес мобильной машины и различных конструкций тормозов [11–16], а также исходя из преимущественных условий работы тракторов, для передних колес трактора выбран барабанный тормозной механизм.

Барабанный тормозной механизм, в отличие от тормозов, размещенных в масляной ванне требует значительно меньшей трудоемкости при обслуживании и ремонте, поскольку обеспечивает доступ к нему без снятия узлов и агрегатов, а также обладает большей защищенностью рабочей поверхности тормозного механизма от загрязнений, в отличие от дискового тормоза, и, как следствие, меньшей потерей эффективности и меньшим износом при работе в условиях повышенной загрязненности, увлажненности и т.д., присутствующими в традиционных условиях работы трактора.

Особенности конструкции и привода разработанного тормозного механизма позволяют адаптировать его к антиблокировочной системе, функционирующей на принципе управления, который построен на анализе силовых факторов. Эти факторы возникают в контакте колеса с опорной поверхностью, которая в перспективе может быть установлена на тракторе [1, 3, 7–18].

Кроме этого выбор барабанного тормоза обусловлен следующими причинами.

Во-первых, наличие фланца полуоси позволяет закрепить на нем тормозной барабан, что дает возможность избежать введения в конструкцию колесной передачи дополнительных конструктивных элементов, необходимых для установки, тормозного барабана. Кроме того, учитывая, что к фланцу полуоси крепится колесный диск, появляется возможность закрепить на фланце полуоси одними и теми же болтами колесный диск и тормозной барабан.

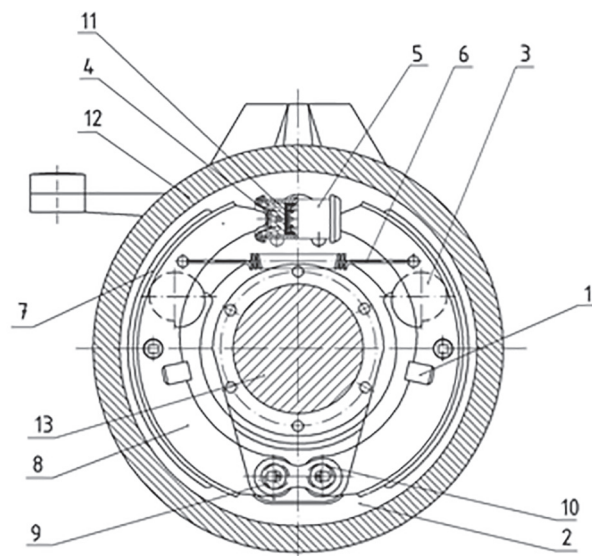
Во-вторых, наличие конструктивного пространства между фланцем полуоси и поверхностью крышки редуктора позволяет разместить непосредственно на редукторной крышке тормозной щит с установленными на нем тормозными колодками.

В-третьих, поскольку барабанный тормоз является более защищенным от попадания на рабочие поверхности влаги пыли, грязи т.п. по сравнению с дисковым тормозом, и учитывая условия работы трактора именно в условиях пахотного поля, животноводческих ферм и т.д., выбор барабанного тормоза является вполне очевидным.

Расположение опор и разжимного устройства тормозного механизма представлено на рисунке 2.

Каждая колодка имеет собственную неподвижную опору. Это позволяет выполнять регулировку опор концов каждой колодки в отдельности для равномерного прилегания накладки 7 колодки 8 к тормозному барабану 12, соединенному с полуосью 13.

На тормозном щите 2 неподвижно укрепленном на крышке редуктора установлены две колодки 8 с накладками 7. Нижняя часть



**Рис. 2. Тормозной механизм передних ведущих колес трактора с односторонними отдельными опорами тормозных колодок:**

- 1 – скоба; 2 – щит тормозной; 3 – эксцентрик;
- 4 – толкатель рабочего цилиндра тормоза;
- 5 – рабочий цилиндр тормоза; 6 – пружина;
- 7 – накладка; 8 – колодка; 9 – шайба;
- 10 – регулировочные пальцы; 11 – поршень рабочего цилиндра тормоза; 12 – барабан тормозной; 13 – полуось

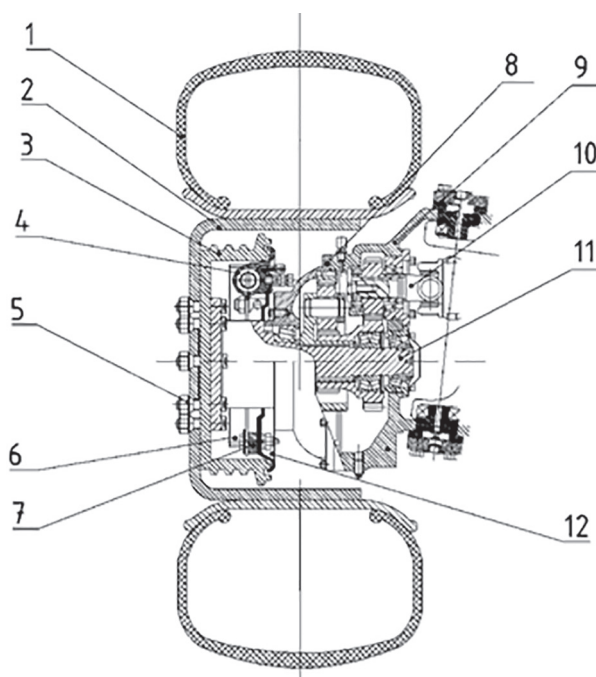
колодок связана с тормозным щитом шарнирно посредством регулировочных пальцев 10 с эксцентриковыми шайбами 9, которые могут вращаться вместе с пальцами в отверстиях полков колодок. Пальцы крепятся в отверстиях тормозного щита гайками. Опорами для верхней части колодок являются эксцентрики 3; колодки прижимаются к ним пружинной 6. Боковое смещение колодок предотвращается скобами 1. В верхние концы колодок упираются толкатели 4 поршней 11 рабочего цилиндра 5.

Взаимное расположение тормозного механизма, элементов колесной передачи и колесного диска показано на рисунке 3. На крышке редуктора 8 установлен щит тормозной 12, на котором размещены гидроцилиндр 4 воздействующий на колодку 6, регулировка зазора, которой осуществляется эксцентриком 7. Тормозной барабан 3 вместе с диском колесным 2 прикреплен болтами 5 к фланцу полуоси 11, вращение которой передается редуктором размещенном в корпусе 9 от карданной передачи 10.

Конструктивные особенности разработанного тормоза позволяют устанавливать его на переднем ведущем мосту трактора без значительных изменений штатной конструкции конечной колесной передачи трактора. Изменение конструкции полуоси колесной передачи заключается в увеличении ее длины, для того чтобы увеличить конструктивное пространство между фланцем полуоси и крышкой редуктора, необходимое для размещения тормозного механизма.

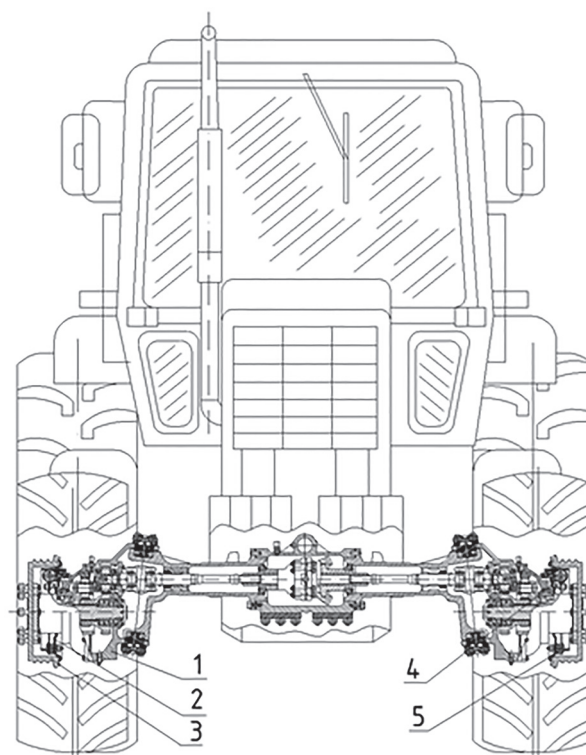
Изменениями конструкции крышки редуктора является увеличение ее размера в осевом направлении, необходимое для установки подшипника полуоси увеличенной длины; кроме этого на наружной поверхности крышки редуктора создаются посадочные поверхности для установки и закрепления тормозного щита. Разработанный барабанный тормозной механизм, установленный на переднем ведущем мосту трактора «Беларус МТЗ -1221», показан на рисунке 4.

Таким образом, можно видеть, что разработанный барабанный тормоз для передних ведущих колес трактора «Беларус МТЗ-1221» не требует какого-либо значительного изменения конструкции переднего ведущего моста, а незначительные изменения касаются только двух деталей колесной передачи – полуоси и крышки редуктора.



**Рис. 3. Тормозной механизм передних ведущих колес трактора с неподвижными опорами:**

1 – шина; 2 – диск колесный; 3 – барабан тормозной; 4 – гидроцилиндр; 5 – болт; 6 – колодка тормозная; 7 – эксцентрик; 8 – крышка редуктора; 9 – корпус редуктора; 10 – карданная передача; 11 – полуось; 12 – щит тормозной



**Рис. 4. Передний ведущий мост с разработанными колесными тормозными механизмами:**

1 – редуктор колесной передачи; 2 – щит тормозной; 3 – барабан тормозной; 4 – гидроцилиндр; 5 – опора тормозной колодки

При таком способе установки тормозного механизма облегчается доступ к обслуживанию и ремонту тормозного механизма, так как, снимая колесный диск, мы можем снять и тормозной барабан 3, благодаря чему будет обеспечен доступ к щиту тормозному 2, гидроцилиндру 4, опоре тормозной колодки 5 и редуктору колесной передачи 1 (рис. 4).

### Результаты и обсуждение

Проанализируем основные результаты расчета барабанного тормозного механизма для передних ведущих колес трактора, полученные с помощью разработанной методики проектирования тормозных систем.

На этапе функционального расчета из рассмотрения сил, действующих на трактор при установившемся торможении на горизонтальном участке дороги, определяем максимальный момент трения переднего тормоза трактора, исходя из условия полного использования сцепления шин с дорогой. При определении требуемого максимального тормозного момента принимаем:  $\phi$  – коэффициент сцепления шин с дорогой;  $\phi = 0,79$ ;  $r$  – радиус качения колеса;  $r = 0,501$  м;  $M$  – максимально допустимая масса, кг;  $M = 8000$  кг;  $a$  и  $h$  – продольная и вертикальная координаты центра масс трактора, м;  $a = 1,739$  м;  $h = 1,2$  м;  $L$  – продольная база трактора, м;  $L = 2,76$  м.

Тогда требуемый тормозной момент, который должен развивать предлагаемый тормоз передних колес трактора для полного использования сцепления шин с дорогой и, тем самым, обеспечения максимальной эффективности торможения, равен  $M_{\text{трб}} = 4451,1$  Н·м.

Для оценки возможности использования тормозного механизма с рассчитанными параметрами для передних ведущих колес трактора определим развиваемый тормозной момент тормозного механизма.

При определении развиваемого тормозного момента принимаем следующие исходные данные: расстояние между центрами вращения барабана и поворота колодки  $c = 0,048$  м; радиус качения колеса  $r = 0,501$  м; угол поворота колодки  $\alpha = 12^\circ$ ; сила, прижимающая колодку к барабану,  $N = 22890,6$  Н; плечо вращения колодки  $H = 0,280$  м.

В результате расчета получаем, что значение развиваемого тормозного момента тормозного механизма равно  $M_{\text{тр}} = 5178,54$  Н·м.

Оценивая значения требуемого и развиваемого тормозных моментов, можно сделать вывод, что развиваемый тормозной момент больше требуемого расчетного момента. Следовательно, тормозной механизм обеспечит эффективное использование сцепного веса трактора «Беларус МТЗ-1221».

### Заключение

Предложена конструкция колесного барабанного тормоза для колес передней ведущей оси трактора «Беларус МТЗ-1221».

Конструктивные параметры разработанного тормозного механизма позволяют включить тормоза в колесные узлы переднего моста трактора МТЗ без значительных изменений его штатной конструкции.

Конструкция разработанного тормозного механизма позволяет его адаптацию к антиблокировочной системе, которая функционирует на основе измерения и анализа сил, возникающих в контакте колес переднего моста трактора с опорной поверхностью.

Эффективность торможения трактора «Беларус МТЗ-1221» обеспечивается за счет дополнительного использования его сцепного веса, приходящегося на его передний мост.

Использование дополнительного сцепного веса трактора за счет колесных тормозов колес переднего моста трактора «Беларус МТЗ-1221» позволит повысить эффективность его торможения, а также конкурентоспособность колесных тракторов, производимых ОАО «Минский тракторный завод».

### Литература

1. Сазонов И.С., Амельченко П.А., Ким В.А., Мельников А.С., Дубовик Д.А. Тормозные системы колесных машин: монография / под общ. ред. И.С. Сазонова. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2011. 351 с.
2. Сазонов И.С., Амельченко П.А., Ким В.А. Динамика колесных машин: монография / под общ. ред. И.С. Сазонова. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2006. 461 с.
3. Ким В.А. Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа: монография. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2003. 346 с.
4. Александров М.П., Лысяков А.Г., Федосеев В.Н., Новожилов М.В. Тормозные устройства: справочник / под общ. ред. М.П. Александрова. М.: Машиностроение, 1985. 312 с.

5. Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей. М.: Машгиз, 1950. 130 с.
6. Мамити Г. И. Проектирование тормозов автомобилей и мотоциклов. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 111 с.
7. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Методика анализа кинематических параметров дискового тормоза, адаптивного к механической антиблокировочной системе // Автомобильная промышленность. 2011. № 5. С. 10–12.
8. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Амельченко П.А., Схемотехническая реализация датчиков измерения боковых реакций на колеса мотоцикла // Вестник Белорусско-Российского университета. 2014. № 3. С. 44–55.
9. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Билык О.В., Василевский В.И. Алгоритм системы активной безопасности двухколесной мобильной машины // Вестник Белорусско-Российского университета. 2012. № 4. С. 40–49.
10. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Системы активной безопасности двухколесных транспортных средств // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. № 4. С. 37–45.
11. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А., Мамити Г.И. Дисковый тормозной механизм транспортного средства и способ торможения вращающегося колеса транспортного средства. Патент РБ № 20342. 2016.
12. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А., Амельченко П.А., Петренко М.Л., Юшкевич А.В. Дисковый тормозной механизм с осевым нажатием. Патент РБ № 11074. 2016.
13. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А., Амельченко П.А., Петренко М.Л., Юшкевич А.В. Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора. Патент РБ № 9620. 2013.
14. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А., Амельченко П.А., Стасилевич А.Г., Петренко М.Л., Юшкевич А.В. Дисковый тормозной механизм. Патент РБ № 9621. 2013.
15. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Способ торможения вращающегося колеса транспортного средства и устройство для его осуществления. Патент РБ № 17076. 2013.
16. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Способ торможения вращающегося колеса мобильной машины и устройство для его осуществления. Патент РБ № 16832. 2013.
17. Мельников А.С., Сазонов И.С., Ким В.А. Тормозная система мотоцикла. Патент РБ № 17082. 2013.
18. Сазонов И.С., Ким В.А., Ким В.А., Ким Ф.А., Андреев Р.М., Минченя В.Т., Бочкарев Г.В., Мельников А.С. Способ управления антиблокировочной системой торможения транспортного средства. Евразийский патент № 017953, 2013.

## References

1. Sazonov I.S., Amel'chenko P.A., Kim V.A., Mel'nikov A.S., Dubovik D.A. Tormoznye sistemy kolesnykh mashin [Brake systems of wheeled vehicles]. Pod obshch. red. I.S. Sazonova. Mogilev: Belorussko-Rossiyskiy universitet Publ., 2011. 351 p.
2. Sazonov I.S., Amel'chenko P.A., Kim V.A. Dinamika kolesnykh mashin [Dynamics of wheeled vehicles]. Pod obshch. red. I.S. Sazonova. Mogilev, Belorussko-Rossiyskiy universitet Publ., 2006. 461 p.
3. Kim V.A. Metodologiya sozdaniya adaptivnykh SAB ATS na osnove silovogo analiza [Methodology for creating of the system of active safety of vehicle based on force analysis]. Mogilev: Belorussko-Rossiyskiy universitet Publ., 2003. 346 p.
4. Aleksandrov M.P., Lysyakov A.G., Fedoseev V.N., Novozhilov M.V. Tormoznye ustroystva: Spravochnik [Brake devices: Reference book]. Pod obshch. red. M.P. Aleksandrova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1985. 312 p.
5. Bukharin N. A. Tormoznye sistemy avtomobiley [Automobiles brake systems]. Moscow: Mashgiz Publ., 1950. 130 p.
6. Mamiti G. I. Proektirovanie tormozov avtomobiley i mototsiklov [Design of brakes for automobiles and motorcycles]. Minsk: Dizayn PRO Publ., 1997. 111 p.
7. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Technique for analyzing the kinematic parameters of a brake disc, adaptive to a mechanical anti-lock system. Avtomobil'naya promyshlennost'. 2011. No 5, pp. 10–12 (In Russ.).
8. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Amel'chenko P.A. Schematic implementation of sensors measuring side reactions to motorcycle wheels. Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta. 2014. No 3, pp. 44–55 (In Russ.).
9. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Bilyk O.V., Vasilevskiy V.I. Algorithm of the active safety system of a two-wheeled mobile machine. Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta. 2012. No 4, pp. 40–49 (In Russ.).
10. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Active safety systems of two-wheeled vehicles. Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta. 2010. No 4, pp. 37–45 (In Russ.).

11. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Mamiti G.I. Diskovyy tormoznoy mekhanizm transportnogo sredstva i sposob tormozheniya vrashchayushchegosya koleasa transportnogo sredstva [The disc brake mechanism of the vehicle and the method of braking the rotating wheel of the vehicle]. Patent RB No 20342. 2016.
12. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Amel'chenko P.A., Petrenko M.L., Yushkevich A.V. Diskovyy tormoznoy mekhanizm s osevym nazhatiem [Brake disk mechanism with axial push]. Patent RB No 11074. 2016.
13. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Amel'chenko P.A., Petrenko M.L., Yushkevich A.V. Tormoz vedushchego perednego mosta kolesnogo traktora [Brake of the front axle of the wheeled tractor]. Patent RB No 9620. 2013.
14. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A., Amel'chenko P.A., Stasilevich A.G., Petrenko M.L., Yushkevich A.V. Diskovyy tormoznoy mekhanizm [Brake disk mechanism]. Patent RB No 9621. 2013.
15. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Spособ tormozheniya vrashchayushchego koleasa transportnogo sredstva i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [The method of braking the rotary wheel of a vehicle and the device for carrying it out]. Patent RB No 17076. 2013.
16. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Spособ tormozheniya vrashchayushchego koleasa mobil'noy mashiny i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya [The method of braking a rotary wheel of a mobile machine and an apparatus for carrying it out]. Patent RB No 16832. 2013.
17. Mel'nikov A.S., Sazonov I.S., Kim V.A. Tormoznaya sistema mototsikla [Brake system of a motorcycle]. Patent RB No 17082. 2013.
18. Sazonov I.S., Kim V.A., Kim V.A., Kim F.A., Andreev R.M., Minchenya V.T., Bochkarev G.V., Mel'nikov A.S. Spособ upravleniya anti-blokirovochnoy sistemoy tormozheniya transportnogo sredstva [The method for controlling the anti-lock braking system of a vehicle]. Evraziyskiy patent No 017953. 2013.