

УДК 629.113

*А. С. Мельников, А. А. Мельников, А. С. Антонов*

## БАРАБАНЫЙ ТОРМОЗНОЙ МЕХАНИЗМ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

UDC 629.113

*A. S. Melnikov, A. A. Melnikov, A. S. Antonov*

## DRUM BRAKE MECHANISM FOR A WHEEL TRACTOR

### Аннотация

Рассматривается разработанный тормозной механизм передних колес ведущего моста трактора «Беларус-1221». Предложенная схема тормозного механизма позволяет повысить эффективность работы тормозного механизма с помощью создания двух первичных колодок, представляющих собой сочлененную тормозную колодку. Приводятся результаты экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность разработанного тормозного механизма для передних колес ведущего моста трактора «Беларус-1221».

### Ключевые слова:

тормозной механизм, первичные колодки, повышение эффективности, результаты испытаний.

### Abstract

The paper considers a brake mechanism developed for the front wheels of the drive axle of the Belarus-1221 tractor. The proposed scheme of the brake mechanism increases the efficiency of brake mechanism operation by using two primary brake shoes, which form an articulated brake block. The results of experimental studies are presented confirming the effectiveness of the brake mechanism developed for the front wheels of the drive axle of the Belarus-1221 tractor.

### Keywords:

brake mechanism, primary brake shoes, increase in efficiency, test results.

### Введение

В целях повышения эффективности торможения тракторов, выпускаемых Минским тракторным заводом, предлагается оснастить передние колеса тракторов тормозными механизмами. Это позволит добиться повышения эффективности торможения путем использования веса трактора, приходящегося на передние колеса [1]. Согласно требованиям, предъявляемым к тормозному механизму трактора и исходя из условий работы трактора, была разработана конструкция барабанного тормоза для передних колес [2, 3]. Известно, что вторичная колодка барабанного тормоза недостаточно активно участвует

в работе тормозного механизма, поэтому для усовершенствования предлагается конструкция тормоза с двумя активными первичными колодками [4]. Отличие механизма заключается в создании условий для лучшего прилегания колодок рабочей к поверхности барабана вследствие подвижных опор тормозных колодок.

### Методика исследования

Как было отмечено, разработанный тормозной механизм имеет две первичные колодки. При этом опоры тормозных колодок являются подвижными, что позволяет создать необходимые условия для контакта тормозных



колодок по всей рабочей поверхности к тормозному барабану, уменьшить износ тормозных колодок и повысить эффективность работы тормозного механизма [5, 6].

На рис. 1 представлен тормоз ве-

дущего переднего моста колесного трактора с двумя первичными тормозными колодками, на рис. 2 – разрез тормоза ведущего переднего моста колесного трактора, на рис. 3 – разрез гидроцилиндра.

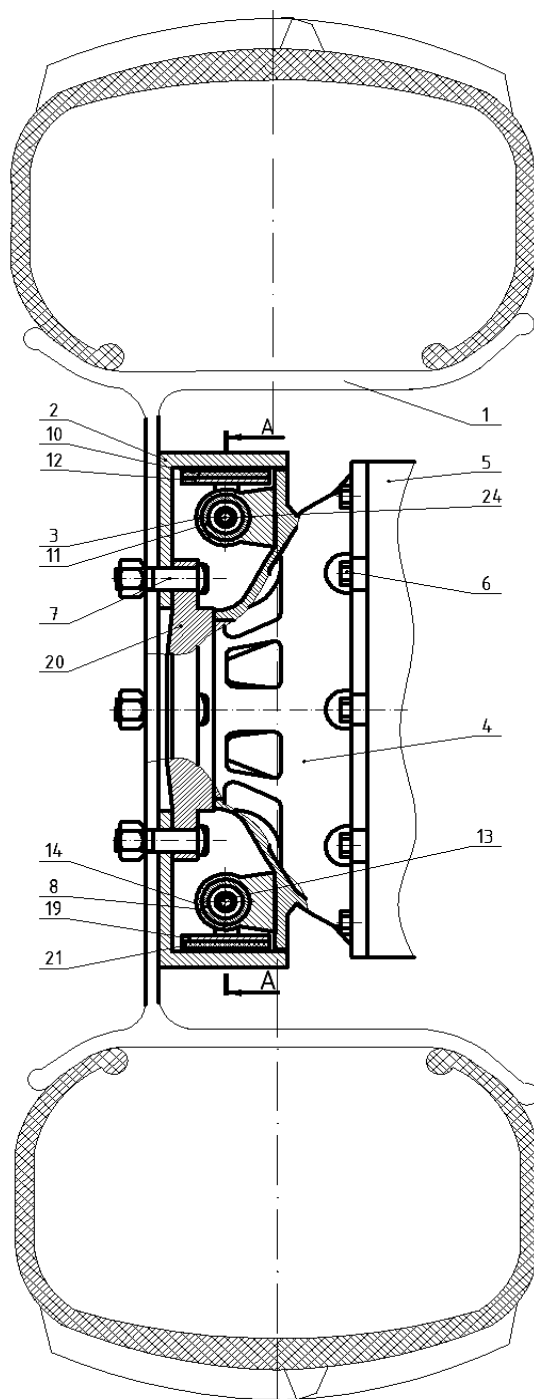


Рис. 1. Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора с двумя первичными тормозными колодками: 1 – колесо; 2 – тормозной барабан; 3 – корпус; 4 – тормозной шит; 5 – корпус редуктора; 6 – болт; 7 – болт; 8 – корпус; 10 – фрикционная накладка; 11 – гидроцилиндр; 12 – тормозная колодка; 13 – винт регулировочный; 14 – гидроцилиндр; 19 – тормозная колодка; 20 – полуось; 21 – фрикционная накладка; 24 – винт регулировочный [5]



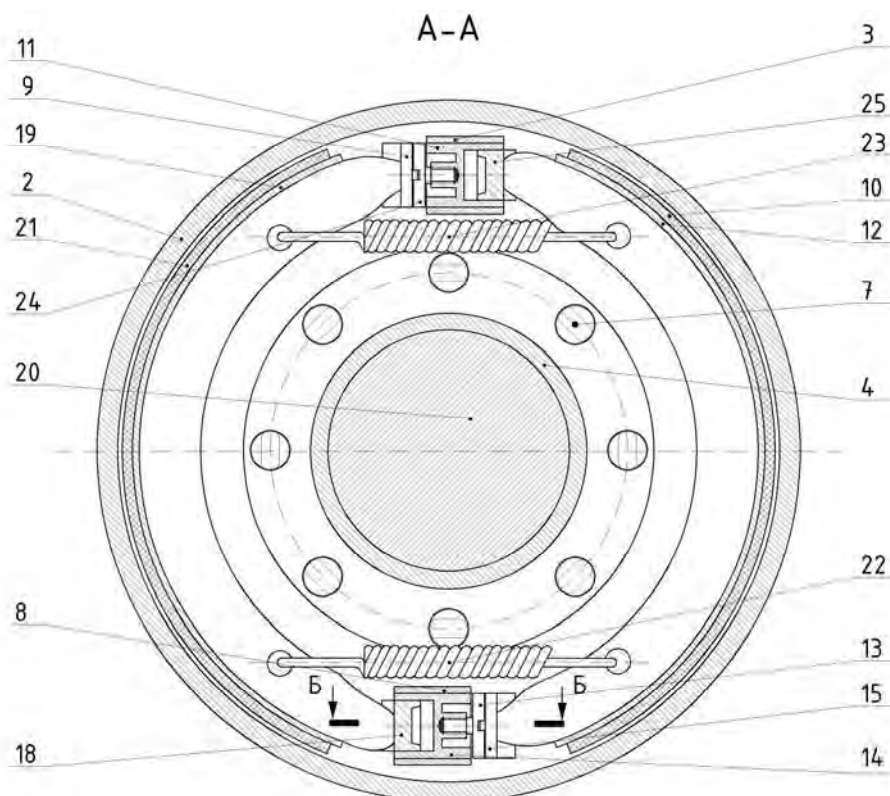


Рис. 2. Разрез тормоза ведущего переднего моста колесного трактора с двумя первичными тормозными колодками: 2 – тормозной барабан; 3 – корпус; 4 – тормозной щит; 7 – болт; 8 – корпус; 9 – опора; 10 – фрикционная накладка; 11 – гидроцилиндр; 12 – тормозная колодка; 13 – винт регулировочный; 14 – гидроцилиндр; 15 – опора; 18 – поршень; 19 – тормозная колодка; 20 – полуось; 21 – фрикционная накладка; 22, 23 – пружина стяжная; 24 – винт регулировочный; 25 – поршень

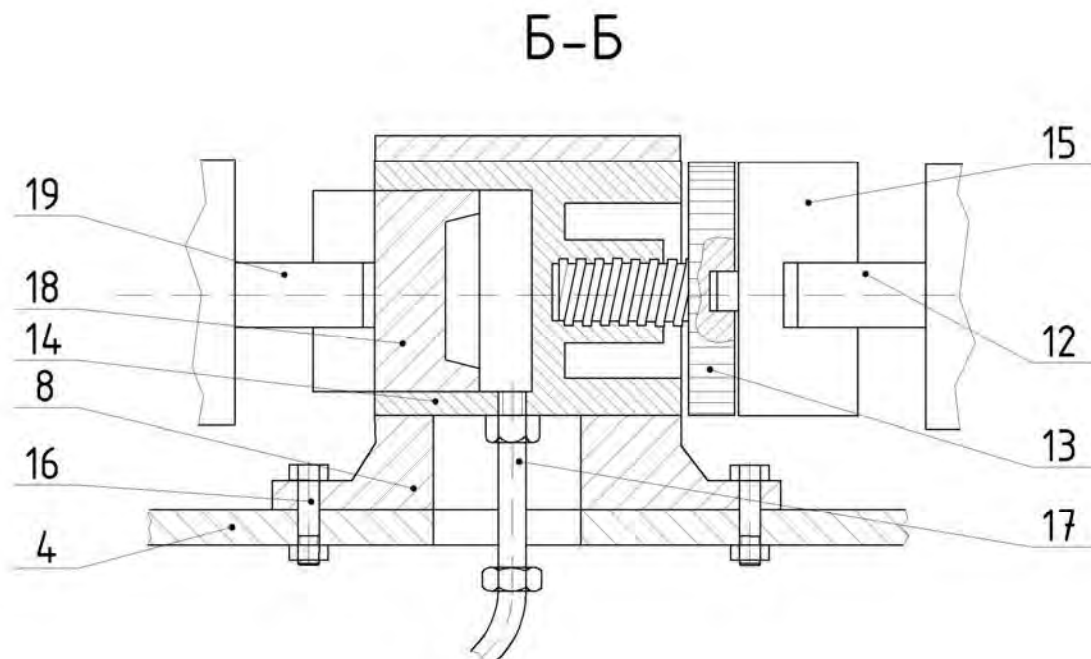


Рис. 3. Разрез гидравлического цилиндра тормоза ведущего переднего моста колесного трактора с двумя первичными тормозными колодками: 4 – тормозной щит; 8 – корпус; 12 – тормозная колодка; 13 – винт регулировочный; 14 – гидроцилиндр; 15 – опора; 18 – поршень; 19 – тормозная колодка



Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора содержит две тормозные колодки 12, 19, каждая из которых одним концом с помощью стяжных пружин 22, 23 контактирует с поршнями 25, 18 гидроцилиндров 14, 11, две фрикционные накладки 10, 21, тормозной щит 4, тормозной барабан 2. В торцах каждого из гидроцилиндров 11, 14 установлены на резьбовое соединение регулировочные винты 13, 24, имеющие на торцевой поверхности центральное несквозное отверстие, в которое установлены опоры 9, 15 с пазом на торце для установки упорных концов тормозных колодок 12, 19. Каждый из гидроцилиндров 11, 14 установлен в корпусе 3, 8. Также тормоз содержит два поршня 18, 25, каждый из которых имеет пазы на торцевой поверхности, в каждый из которых установлены тормозные колодки 12, 19.

Тормозной щит 4 соединен с корпусом редуктора 5 при помощи болтов 6, тормозной барабан 2 и колесо 1 прикреплены к фланцу колеса 20 при помощи болтов 7.

Каждый из корпусов 8, 3 жестко прикреплен к тормозному щиту 4 при помощи болтов 16. При торможении тормозная жидкость под давлением поступает в гидроцилиндры 11, 14 через штуцера 17 (второй штуцер не показан на рисунке), каждый из которых вкручен в боковую поверхность каждого из этих гидроцилиндров.

При этом каждый из штуцеров свободно расположен в отверстиях, которые находятся в тормозном щите 4 и корпусах 3, 8. Это позволяет штуцерам свободно перемещаться совместно с гидроцилиндрами 11, 14.

Из гидроцилиндров 11, 14, под действием давления тормозной жидкости выдвигаются поршни 18, 25, в паз каждого из которых установлен упорный конец тормозных колодок 12, 19.

Далее начинают перемещаться в противоположные стороны каждый из гидроцилиндров 11, 14, установленных

в отдельных корпусах 3, 8, до момента прижатия тормозных колодок 12, 19 с закрепленными на них фрикционными накладками 10, 21 к рабочей поверхности на тормозном барабане 2. При дальнейшем нарастании давления повышается усилие прижатия этих колодок к рабочей поверхности на тормозном барабане 2 и, соответственно, на последнем возрастает тормозной момент.

При снятии управляющего воздействия давление в гидроцилиндрах 11, 14 уменьшается, вследствие этого тормозные колодки 12, 19 перестают прижиматься к рабочей поверхности тормозного барабана 2.

Стяжные пружины 22, 23 стягивают тормозные колодки 12, 19 друг к другу, в результате чего тормозные колодки 12, 19 возвращаются в исходное расторможенное состояние.

При этом каждая из тормозных колодок 12, 19 одним упорным концом под действием стяжных пружин 22, 23 воздействует на поршни 18, 25, а другим упорным концом через опоры 9, 15 и регулировочные винты 13, 24 – на гидроцилиндры 11, 14, возвращая поршни 18, 25 и гидроцилиндры 11, 14 в исходное положение.

Регулировка зазора между фрикционными накладками 10, 21 и тормозным барабаном 2 производится путем поворота регулировочных винтов 13, 24, которые имеют зубцы на боковой поверхности, вокруг своей оси через отверстия, выполненные в тормозном щите 4 напротив боковых поверхностей регулировочных винтов 13, 24.

При повороте регулировочных винтов 13, 24 против часовой стрелки они выкручиваются из гидроцилиндров 11, 14 и пододвигают тормозные колодки 12, 19 к рабочей поверхности тормозного барабана 2, уменьшая тем самым зазор между тормозным барабаном 2 и фрикционными накладками 10, 21.

При повороте регулировочных винтов 13, 24 по часовой стрелке они вкручиваются в гидроцилиндры 11, 14,



и тормозные колодки 12, 19 отходят от рабочей поверхности тормозного барабана 2, увеличивая тем самым зазор между тормозным барабаном 2 и фрикционными накладками 10, 21.

Исходя из перспективы применения на тракторе антиблокировочной системы (АБС) разработанный тормозной механизм позволяет использовать

его в сочетании с антиблокировочной системой, функционирующей на анализе силовых факторов, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью, которая может быть установлена на тракторе.

На рис. 4 представлен колесный тормоз, на рис. 5 и 6 – тормозной барабан в сборе с полуосью редуктора.



Рис. 4. Колесный тормоз передних колес трактора «Беларус-1221» в сборе с корпусом редуктора: 1 – тормозной барабан; 2 – тормозной цилиндр; 3 – тормозная колодка; 4 – крышка редуктора; 5 – полуось; 6 – корпус редуктора

Стендовые испытания барабанного тормозного механизма передних колес трактора проводились на определение развиваемого тормозного момента. Исходя из ранее проведенных расчетов определили диаметр тормозного цилиндра, установленного в тормозном механизме, усилие прижатия тормозных колодок к барабану и развиваемый тормозной момент.

С учетом сил, действующих на мобильную машину (в данном случае трактор), при установившемся торможении на горизонтальном участке дороги рассчитали максимальный мо-

мент трения переднего тормоза исходя из условия полного использования сцепления шин с дорогой [4]. При этом задавались следующими параметрами:  $r = 0,501$  м – радиус качения колеса;  $M = 8000$  кг – полная масса трактора с прицепом;  $a = 1,739$  м;  $h = 1,2$  – координаты центра масс;  $L = 2,76$  м – база трактора;  $n_2 = 2$  – число колес с тормозами на передней оси. Исходя из обеспечения максимальной эффективности торможения определили требуемый момент трения, который должен развивать проектируемый тормоз трактора для полного использования сцепле-



ния шин с дорогой. Выявили, что требуемый момент трения  $M_{тр}$  переднего тормоза в случае одновременного

торможения передними колесами равен 4451,04 Н·м.



Рис. 5. Тормозной барабан в сборе с полуосью бортового редуктора: 1 – тормозной барабан; 2 – полуось

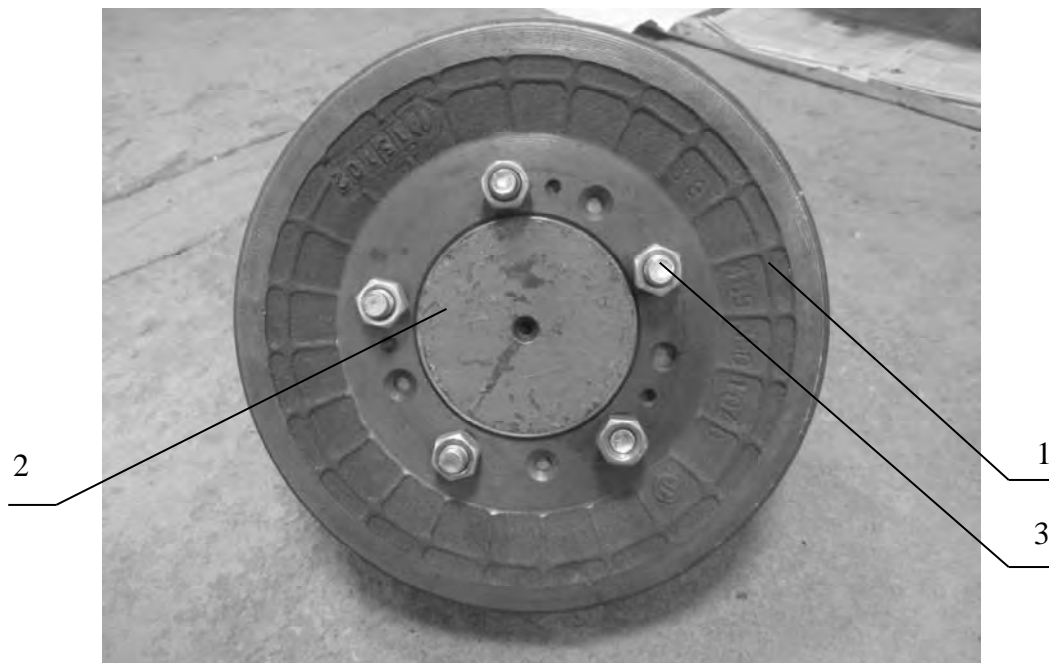


Рис. 6. Размещение тормозного барабана относительно фланца полуоси бортового редуктора: 1 – тормозной барабан; 2 – фланец полуоси; 3 – болты крепления тормозного барабана к фланцу полуоси

Для принятия заключения о возможности использования тормозного механизма для трактора «Беларус-1221» рассчитали величину развиваемого тормозного момента разработанным тормозным механизмом. При этом принимали следующие исходные параметры:  $c = 0,048$  м – расстояние между центрами вращения барабана и поворота колодки;  $r = 0,501$  м – радиус качения колеса;  $\alpha = 12^\circ$  – угол поворота колодки;  $h = 0,280$  м – плечо вращения колодки. Для определения силы, прижимающей тормозную колодку к тормозному барабану,  $N = 22890,6$  Н нашли диаметр тормозного цилиндра, который равен  $d = 54$  мм. Исходя из принятых параметров развиваемый момент  $M_{разв}$  равен  $5178,54$  Н·м.

Необходимым условием для применения тормозного механизма в тормозной системе трактора «Беларус-1221» является возможность создания разработанным тормозом требуемого значения тормозного момента при условии полного использования сцепления шин с опорной поверхностью:

$$M_{разв} > M_{тр} . \quad (1)$$

Имея полученные значения требуемого и развиваемого тормозных моментов, сопоставив их значения, убедились в способности тормозного механизма создавать требуемые значения тормозных моментов на передних колесах трактора «Беларус-1221»:

$$5178,54 \text{ Н·м} > 4451,04 \text{ Н·м} . \quad (2)$$

На основании (2) можно сделать вывод, что развиваемый тормозной момент по расчетам больше требуемого тормозного момента, а значит, разработанный тормозной механизм остановит тягово-транспортную машину на дорогах общего пользования даже при выходе из строя задней тормозной системы, т. к. при расчетах принималась полная масса трактора.

Для оценки развиваемого тормозного момента проводились стендовые испытания тормозного механизма передних колес.

Целью стендовых испытаний барабанного тормозного механизма являлось: определение развиваемого тормозного момента.

Методика испытаний включала создание усилия на приводной педали в гидроприводе тормозного механизма и фиксацию величины тормозного момента, возникающего на тормозном барабане.

Испытательный стенд, использовавшийся для проведения стендовых испытаний, приведен на рис. 7–9. Он содержит опорную стойку 2, которая имеет необходимые посадочные поверхности, с помощью которых неподвижно закреплен редуктор переднего моста 3.

На рис. 7 показано расположение тормозного механизма 4 передних колес, установленного на редукторе 3 относительно испытательного стенда, который включает датчик усилия, прикладываемого к тормозному барабану 1, и прибор сбора и обработки информации 5.

На рис. 8 показан гидравлический привод тормозного механизма, состоящий из педали привода 2, непосредственно самого привода 3. На опорную поверхность педали привода установлен датчик измерения усилия 1, прикладываемого при создании рабочего давления в приводе.

На рис. 9 показано оборудование испытательного стенда, использовавшееся для сбора и фиксации усилий от датчиков.

Для измерения усилия, прикладываемого к педали привода (см. рис. 8, поз. 2), а также для измерения усилия, прикладываемого к рычагу поворота тормозного барабана (см. рис. 7, поз. 1), использовался датчик сжатия/растяжения, представляющий собой малогабаритный аналоговый датчик класса защиты IP67. С2 с диапазоном измере-



ний до 2000 Н.

В данном случае усилие на приводной педали нормируется ТР ТС 018/2011

О безопасности колесных транспортных средств и ГОСТ Р 51709–2001 и лежит в пределах от 490 до 686 Н.

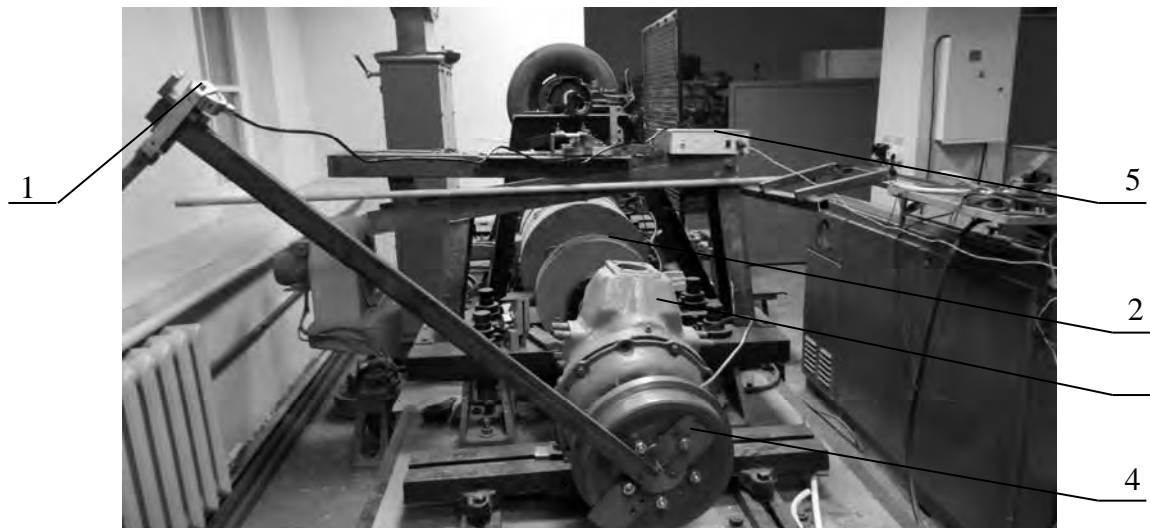


Рис. 7. Испытательный стенд колесного тормоза с устройством измерения тормозного момента тормоза: 1 – датчик усилия прикладываемого к тормозному барабану; 2 – опорная стойка; 3 – редуктор переднего ведущего моста; 4 – тормозной механизм; 5 – прибор сбора и обработки информации



Рис. 8. Привод гидравлический колесного тормоза с датчиком фиксации усилия на педали привода: 1 – датчик измерения усилия, прикладываемого к педали гидропривода; 2 – педаль гидропривода; 3 – гидравлический привод тормозного механизма





Рис. 9. Оборудование испытательного стенда, использовавшееся для контроля измеряемых параметров – тормозного момента и усилия на педали привода: 1 – рычаг поворота барабана; 2 – прибор беспроводной передачи данных; 3 – компьютер отображения и фиксации измеряемых параметров; 4 – источник питания

В ходе проведения испытаний, с учетом принятого масштабирования прикладываемых усилий и развиваемого тормозного момента 1:10 к педали привода 2, показанного на рис. 8, прикладывалось усилие величиной от 3 до 39 Н. При этом величина развиваемого тормозного момента должна была находиться в пределах 445,1...517,8 Н·м.

Информация от датчиков по соединительному кабелю поступала в блок обработки информации 3, показанный на рис. 9, и затем с помощью прибора беспроводной передачи данных 2 (см. рис. 9) передавалась в компьютер для сбора и обработки измерений.

Графическая зависимость развиваемого тормозного момента от величины усилия, прикладываемого к педали привода, приведена на рис. 10. Как видно из результатов испытания, тормозной механизм развивает требуемый тормозной момент 466,0 Н·м при усилии на педали привода 39 Н. С учетом применяемого масштабирования следует отметить, что тормозной механизм развивает тормозной момент, который превышает требуемый тормозной момент, а это свиде-

тельствует о необходимой эффективности тормозного механизма.

В результате компоновки тормозного барабанного механизма на переднем ведущем мосту трактора «Беларус-1221» сохраняется конструкция всех деталей и узлов моста, увеличивается длина в осевом направлении полуоси и крышки редуктора.

В конструкции крышки редуктора увеличена длина в осевом направлении, данный размер составляет 92 мм. Исходя из необходимости крепления тормозного щита на крышке в крышке выполнены шесть резьбовых отверстий М10Х1-6Н длиной 20 мм. В соответствии с этим на крышке выполнена посадочная поверхность под тормозной щит высотой 32 мм, диаметром 244 мм.

### Заключение

1. Разработанный тормозной механизм при использовании его для передних колес трактора «Беларус-1221» повысит эффективность торможения, задействовав вес трактора, приходящийся на передний мост.

2. Тормозной механизм содержит



две активные тормозные колодки с подвижными опорами, являющиеся по условиям работы первичными колодками, что позволяет повысить эффективность и увеличить долговечность тормозного механизма при сохранении массо-геометрических параметров тормоза.

3. Результаты проведенных экспериментальных исследований подтверждают возможность создания разработанным тормозным механизмом необходимых значений тормозных моментов, что соответствует результатам теоретических исследований.

4. Принятая схема опирания тор-

мозных колодок, позволяющая применить измерительные устройства, дает возможность использования тормоза в составе антиблокировочной системы, функционирующей на анализе силовых факторов, возникающих в контакте колеса с опорной поверхностью

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 соответствия тракторов требованиям Правил ЕЭК ООН № 13.

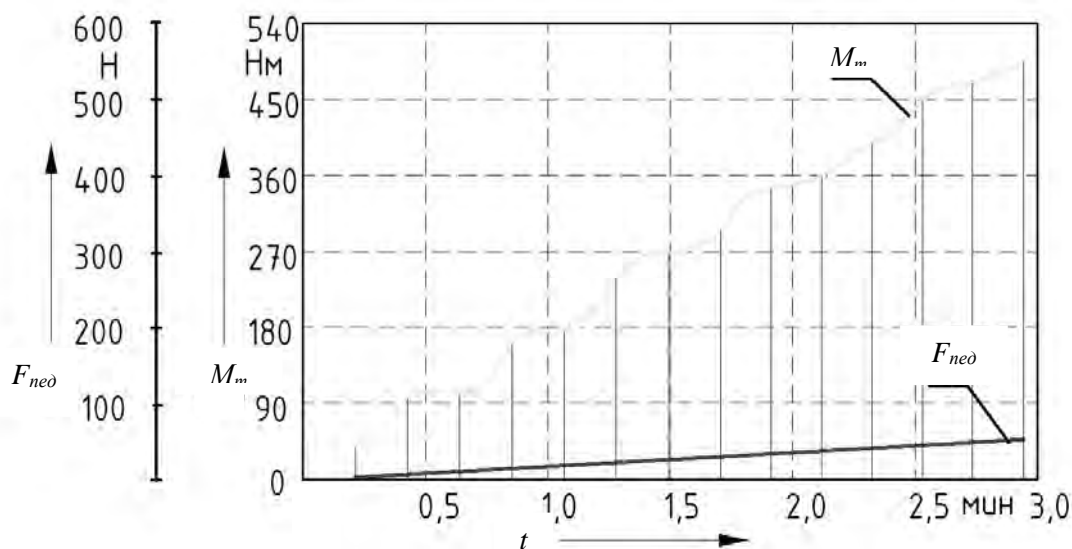


Рис. 10. Зависимость величины тормозного момента от величины приводного усилия:  $M_m$  – величина развиваемого тормозного момента;  $F_{ped}$  – величина усилия, прикладываемого к тормозной педали

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тормозные системы колесных машин: [монография] / И. С. Сазонов, П. А. Амелеченко, В. А. Ким, А. С. Мельников, Д. А. Дубовик; 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. С. Сазонов, В. А. Ким, А. А. Мельников // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2017. – № 1. – С. 42–53.
3. Тормоз передних ведущих колес трактора «Беларус» / А. С. Мельников, О. В. Билык, Чой Ки Йонг, А. А. Мельников // 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. ВУ 21724 / А. В. Юшкевич, М. Л. Петренко, А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амелеченко. – Оpubл. 30.04.18.



6. Тормоз ведущего переднего моста колесного трактора: пат. ВУ9620 / А. С. Мельников, И. С. Сазонов, В. А. Ким, П. А. Амельченко, А. Г. Стасилевич, М. Л. Петренко, А. В. Юшкевич. – Опубл. 30.10.13.

7. Теоретический метод анализа эффективности и быстродействия барабанного тормоза / И. С. Сазонов, В. А. Ким, О. В. Бильяк, А. С. Мельников // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 121–126.

*Статья сдана в редакцию 20 сентября 2019 года*

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

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

**Антон Сергеевич Антонов**, студент, 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.

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

**Anton Sergeyevich Antonov**, student, Belarusian-Russian University. E-mail: f\_av@bru.mogilev.by.

