

УДК 62-592.117

## **Дисковый тормозной механизм трактора Минского тракторного завода** **Disk braking mechanism of a tractor produced by Minsk tractor works**

**А. Х. АБАЕВ, канд. техн. наук**  
**Э. К. КАЧМАЗОВА, канд. техн. наук**  
**Е. И. КАЧМАЗОВА, инж.**

**Горский государственный аграрный университет,  
Владикавказ, Россия, elena.kachmazova@mail.ru**

**A. Kh. ABAEV, PhD in Engineering**  
**E. K. KACHMAZOVA, PhD in Engineering**  
**E. I. KACHMAZOVA, Engineer**

**Gorskiy State Agrarian University, Vladikavkaz,  
Russia, elena.kachmazova@mail.ru**

Эксплуатация тракторов в высокогорных условиях во многом отличается от их использования на равнинной местности. При торможении на длинных крутых спусках с большим числом поворотов малых радиусов происходит интенсивный нагрев тормозных механизмов, что не только снижает эффективность тормозной системы, но и зачастую приводит к полному отказу. Цель исследования состоит в повышении эффективности работы дискового тормозного механизма трактора Минского тракторного завода при торможении в процессе движения в прямом направлении путем увеличения усилия воздействия нажимного диска на тормозной диск за счет использования тяговых моментов, возникающих между ними. Даны общие характеристики тормозных механизмов трактора, а также предлагаемого усовершенствованного дискового тормозного механизма. Усовершенствованный тормозной механизм позволяет одновременно поворачивать нажимные диски в направлении вращения тормозных дисков при движении трактора вперед. При этом тяговые крутящие моменты, возникающие в процессе взаимодействия поверхностей нажимных и фрикционных дисков, совпадают с крутящими моментами, прилагаемыми к нажимным дискам со стороны приводов тормозов. В результате увеличиваются суммарные осевые силы, действующие со стороны нажимных дисков на тормозные диски, что приводит к повышению эффективности торможения трактора. По материалам данной работы получен патент № 2435997 на изобретение дискового тормозного механизма. Предлагаемая конструкция тормозного механизма существенно улучшает тормозные возможности трактора. Она может быть использована в тормозных системах тракторов, автомобилей и мотоциклов.

**Ключевые слова:** дисковый тормозной механизм; трактор; Минский тракторный завод; нажимной диск; тормозной диск; фрикционный диск; привод тормозов; тяговый момент; тормозной момент; торможение трактора; радиус трения; распорные шарики; фрикционные накладки.

Operation of tractors in high-mountain conditions is very different from their use in flat terrain. When braking on a steep long slope with large number of turns with minimal radius, the intensive heating of braking mechanisms is occurred, which not only reduces the efficiency of braking system, but also often leads to a complete failure. The aim of the study is to improve the operational efficiency of disk braking mechanism of a tractor produced by Minsk tractor works when braking during direct motion by means of increasing the impact of pressure disk on brake disk by the use of tractive effort torques that arise between them. The general characteristics of tractor braking mechanisms, as well as the characteristics of a proposed improved braking mechanism are given. The improved braking mechanism allows to rotate simultaneously the pressure disks in the direction of rotation of brake disks during tractor forward motion. At that, the tractive effort torques generated in the process of interaction of surfaces of pressure and friction disks match with the torques applied to the pressure disks from the side of brake gears. As a result, the total axial forces affecting from the side of pressure disks on brake disks are increased, which leads to the efficiency improvement of tractor braking. The patent no. 2435997 for the invention of disk braking mechanism has been received based on this study. The proposed design significantly improves the braking capabilities of a tractor. It can be used in the braking systems of tractors, vehicles and motorcycles.

**Keywords:** disk braking mechanism; tractor; Minsk tractor works; pressure disk; brake disk; friction disk; brake gear; tractive effort torque; braking torque; tractor braking; radius of friction; spacer balls; friction facings.

### **Введение**

Для своевременного торможения тракторов и тракторных поездов и предупреждения возможных аварий необходимо, чтобы тормоза надежно и плавно действовали, обеспечивая полную остановку и неподвижность трактора при стоянке или нагруженного тракторного поезда при подъеме (спуске) по сухому грунту [1].

Эксплуатация тракторов в высокогорных условиях во многом отличается от их использования на равнинной местности по ряду причин. Высокогорные дороги представляют собой преимущественно подъемы и спуски, протяженность которых может достигать 20–30 км, углы продольных уклонов достигают 10 %. На характерных перевальных и предперевальных участках имеются много-

численные повороты малых радиусов, величина которых нередко составляет всего 8–12 м, а углы поворота на серпантинах достигают 300°.

При торможении на крутых тяжелых спусках с большим числом поворотов малых радиусов происходит интенсивный нагрев тормозных механизмов, что не только снижает эффективность тормозной системы, но и зачастую приводит к полным

отказам. Как показывает опыт эксплуатации автотранспортных средств на горных дорогах, использование двигателя и агрегатов трансмиссии при торможении автомобиля не может существенно разгрузить тормозную систему.

Оптимизация тормозной системы тракторов с учетом условий эксплуатации требует специального рассмотрения и проведения разносторонних исследований. Речь идет не только о конструктивных особенностях, но и об анализе термонагруженности тормозных механизмов трактора, в частности о динамике изменения теплофизических и энергетических параметров при торможении с учетом энергонагруженности тормозных систем в горных условиях эксплуатации [2].

Анализ литературных источников показывает, что для улучшения эффективности тормозных систем тракторов в горных условиях эксплуатации необходимо дальнейшее совершенствование конструкции тормозных механизмов с учетом особенностей протекания рабочих процессов и функционирования используемых устройств, регулирующих тормозные силы.

### Цель исследования

Цель исследования — повышение эффективности работы дискового тормозного механизма трактора МТЗ при торможении в процессе движения в прямом направлении путем увеличения усилия воздействия нажимного диска на тормозной диск за счет использования тяговых моментов, возникающих между ними.

### Материалы и методы

Тормозной момент, создаваемый дисковым тормозным механизмом, определяется по формуле [3]:

$$M = \mu N(R + r)/2 = \mu NR_{cp}i, \quad (1)$$

где  $N$  — сила, прижимающая прижимной диск к фрикционному;  $\mu$  — коэффициент трения;  $R, r$  — наружный и внутренний радиусы фрикционной накладки;  $R_{cp}$  — средний радиус трения;  $i$  — число пар поверхностей трения.

Процесс торможения трактора осуществляется в основном при его движении вперед. Однако тормозные механизмы трактора МТЗ рав-

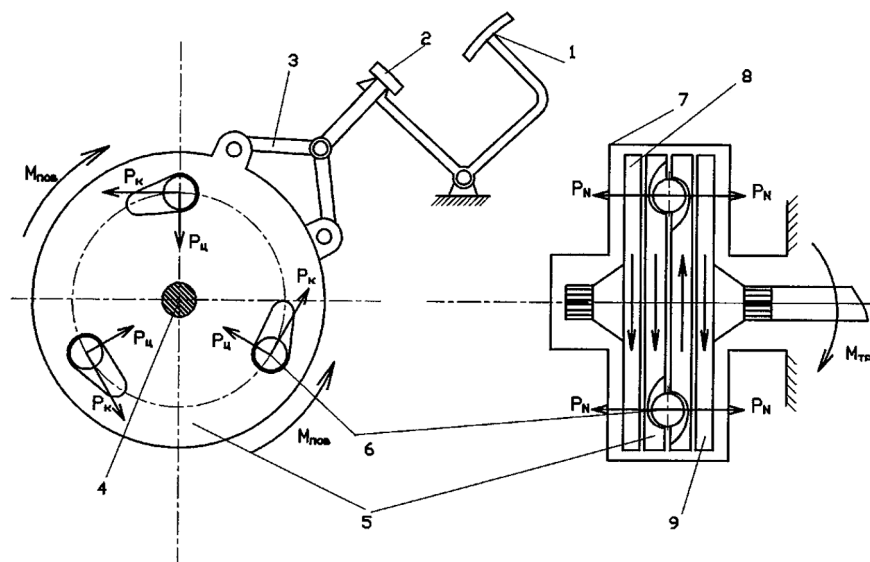


Рис. 1. Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ:

1 — педаль; 2 — тяга с регулировочной гайкой; 3 — серьга; 4 — вал; 5 — нажимные диски; 6 — шарик; 7 — корпус; 8, 9 — диски с фрикционными накладками

ноэффективны как при движении вперед, так и при движении назад [2].

Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ (рис. 1) состоит из тормозных дисков с фрикционными накладками, вращающимися вместе с валом, и нажимных тормозящих дисков. При нажатии на педаль тормоза нажимные диски поворачиваются навстречу друг другу, шарики между ними выкатываются из выемок по скосам и раздвигают диски. Вращающиеся тормозные диски прижимаются нажимными дисками к неподвижному корпусу, при этом вращение вала затормаживается.

Силы и моменты, приложенные в процессе торможения к нажимному диску со стороны привода тормозного механизма и распорных шариков, показаны на рис. 1, где  $M_{пов}$  — крутящий момент, который прилагается со стороны серьги привода к нажимному диску;  $P_K, P_{ц}, P_N$  — касательная, центробежная и нормальная составляющие сил, приложенных со стороны распорных шариков к нажимному диску.

Кроме того, в процессе торможения трактора между нажимными и фрикционными дисками возникают моменты. Со стороны нажимных дисков к фрикционному — тормозные моменты  $M_{тор}$ , а со стороны фрикционных дисков к нажимным — тяговые моменты  $M_{тяг}$  ( $M_{тор} = M_{тяг}$ ). При увеличении сум-

мы тормозных моментов от нуля до величины суммы моментов, которые приложены со стороны трансмиссии к фрикционному диску, трактор останавливается.

С учетом тяговых моментов уравнения равновесия моментов, приложенных к нажимным дискам в процессе торможения, будут выглядеть следующим образом [4].

1. При совпадении направлений вращения нажимного и фрикционного дисков:

$$M_{пов} + M_{тяг} - 3P_K R_{ш} = 0, \quad (2)$$

где  $R_{ш}$  — радиус окружности, вдоль которой располагаются центры распорных шариков.

С учетом того, что  $M_{тяг} = 3P_N R_{cp} \mu = NR_{cp} \mu$ ;  $P_K = P_N \tan \alpha$ , формула (2) предстанет в виде:

$$M_{пов} + NR_{cp} \mu - 3P_N \tan \alpha R_{ш} = 0,$$

где  $\alpha$  — угол, заключенный между  $P$  и  $P_K$ , который зависит от формы гнезд под шарики в дисках.

$$M_{пов} + NR_{cp} \mu - N \tan \alpha R_{ш} = 0;$$

$$M_{пов} + N(R_{cp} \mu - \tan \alpha R_{ш}) = 0;$$

$$N = -M_{пов} / (R_{cp} \mu - \tan \alpha R_{ш});$$

$$N = M_{пов} / (R_{ш} \tan \alpha - R_{cp} \mu).$$

2. При несовпадении направлений вращения нажимного и фрикционного дисков:

$$-M_{пов} + NR_{cp} \mu + 3P_N \tan \alpha R_{ш} = 0;$$

$$N = M_{пов} / (R_{ш} \tan \alpha + R_{cp} \mu).$$

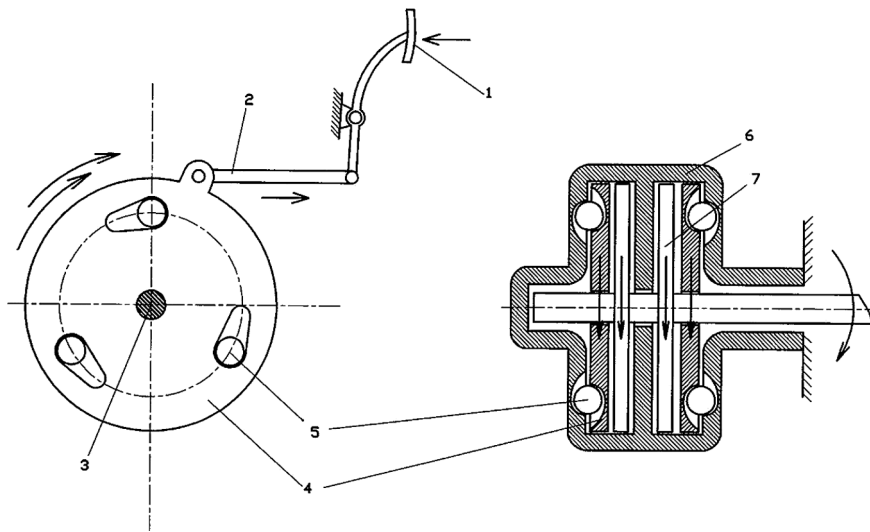


Рис. 2. Предлагаемый дисковый тормозной механизм трактора:

1 — педаль; 2 — тяга; 3 — вал; 4 — нажимные диски; 5 — шарик; 6 — корпус; 7 — диски с фрикционными накладками

В процессе торможения трактора при совпадении направлений вращения фрикционного и нажимного дисков между ними возникает тяговый момент. Этот момент, зависящий от площади фрикционной накладки и коэффициента трения ( $R_{ср\mu} = \mu(R + r)/2$ ), способствует увеличению силы  $N$ , прижимающей прижимной диск к фрикционному, а следовательно, и величины тормозного момента  $M$  (см. формулу (1)).

С другой стороны, между нажимным и тормозным дисками, вращающимися в разные стороны, возникает тяговый момент, который стремится препятствовать повороту нажимного диска. Это приводит к снижению усилия воздействия нажимного диска на фрикционный.

Однако в связи с тем, что данная схема тормозного механизма саморегулируемая (нажимные диски подвижны вдоль оси вала и взаимодействуют между собой посредством шариков), суммарные осевые силы, действующие со стороны нажимных дисков на тормозные, усредняются.

Для повышения эффективности работы тормозного механизма трактора МТЗ при движении в прямом направлении необходимо, чтобы направления вращения нажимных и фрикционных дисков в процессе торможения совпадали [5].

### Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлена схема конструкции тормозного механиз-

ма, который содержит педаль, тягу, вал, нажимные диски, шарики, корпус и тормозные диски с фрикционными накладками. Шарики находятся в полостях, образованных выемками на поверхностях корпуса и нажимных дисков.

Эта схема тормозного механизма позволяет одновременно поворачивать нажимные диски в направлении вращения тормозных дисков при движении трактора на основных эксплуатационных передачах (при движении трактора задним ходом направления вращения нажимных и тормозных дисков не совпадают).

При движении трактора в прямом направлении в процессе торможения тормозные крутящие моменты, образованные в ходе взаимодействия поверхностей нажимных и тормозных дисков, совпадают с крутящими моментами, прилагаемыми к нажимному диску. В этом случае суммарные осевые силы, действующие со стороны нажимных дисков на тормозные, возрастают, что приводит к более эффективному торможению трактора [5].

Со стороны нажимных дисков на фрикционные будут действовать прижимающие силы:

$$N = M_{пов} / (R_{ш} \operatorname{tg} \alpha - R_{ср\mu}).$$

Тормозной момент, создаваемый дисковым тормозным механизмом:

$$M = \mu N R_{ср} i / 2 = 2\mu R_{ср} M_{пов} / (R_{ш} \operatorname{tg} \alpha - R_{ср\mu}).$$

По материалам данной работы получен патент на изобретение № 2435997 "Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ".

### Выводы

1. В принцип работы дисковых тормозных механизмов заложены возможности конструктивного улучшения.

2. Предлагаемый дисковый тормозной механизм существенно улучшает тормозные возможности трактора МТЗ на передачах прямого хода.

3. Предлагаемая конструкция тормозного механизма может быть использована в тормозных системах тракторов, автомобилей и мотоциклов.

### Литература и источники

1. Поляк А. Я., Антышев Н. М., Антонов А. П. и др. Скоростная сельскохозяйственная техника: Справочное издание. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Россельхозиздат, 1986. 191 с.

2. Ксеневиц И. П., Кустанович С. Л., Степаниук П. Н. и др. Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 / Под общ. ред. И. П. Ксеневица. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1984. 254 с.

3. Мельников Д. И. Тракторы. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1990. 366 с.

4. Мамити Г. И. Проектирование тормозов автомобилей и мотоциклов. Минск: Дизайн ПРО, 1997. 112 с.

5. Абаев А. Х., Шанаева Д. А., Абаев А. А. Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ. Патент РФ № 2435997, 2011.

### References

1. Polyak A. Ya., Antyshev N. M., Antonov A. P., Peysakhovich B. I., Gasparov A. S., Sverchuk G. S. *Skorostnaya sel'skhozgaystvennaya tekhnika* [High-speed agricultural machinery]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1986, 191 p.

2. Ksenevich I. P., Kustanovich S. L., Stepanyuk P. N. et al. *Traktory MTZ-80 i MTZ-82* [MTZ-80 and MTZ-82 tractors]. Under the editorship of I. P. Ksenevich. Moscow, Kolos Publ., 1984, 254 p.

3. Mel'nikov D. I. *Traktory* [Tractors]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, 366 p.

4. Mamiti G. I. *Proektirovanie tormozov avtomobiley i mototsiklov* [Designing automobile and motorcycle brakes]. Minsk, Dizayn PRO Publ., 1997, 112 p.

5. Abaev A. Kh., Shanaeva D. A., Abaev A. A. *Diskovyy tormoznoy mekhanizm traktora MTZ* [Disc brake of MTZ tractor]. RF patent № 2435997, 2011.