

лесного комплекса» специализации 1-36 05 01 01 «Машины и оборудование лесной промышленности» / С. А. Голякевич, А. Р. Гороновский. – Минск БГТУ, 2015. – 127 с.

Представлено 28.04.2023

УДК 62-592.134

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ СТОЯНОЧНОГО ТОРМОЗА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС» КЛ. 1,4–2,0

CHOICE OF THE PARKING BRAKE DESIGN OF TRACTORS "BELARUS" CL. 1,4–2,0

Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.,

Рахлей А. И., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Pavarekha, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

A. Rakhley, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

В данной статье проведен сравнительный анализ конструкций ленточных тормозных механизмов, применяемых на современных тракторах с точки зрения их эффективности. Выбран тип, предложена конструкция и рассчитаны параметры тормозного механизма плавающего типа. Проведены теоретические расчеты тормозных качеств трактора кл. 1.4, оборудованного предложенным тормозным механизмом.

In this article, a comparative analysis of the designs of belt braking mechanisms used on modern tractors from the point of view of their effectiveness is carried out. The type is selected, the design is proposed and the parameters of the floating type brake mechanism are calculated. Theoretical calculations of the braking qualities of the tractor cl. 1.4 equipped with the proposed braking mechanism have been carried out.

Ключевые слова: ленточный тормозной механизм, стояночная тормозная система, эффективность торможения, тормозной момент.

Keywords: *belt braking mechanism, parking brake system, braking efficiency, braking torque.*

ВВЕДЕНИЕ

Составной частью тормозной системы трактора является стояночная тормозная система, которая должна обеспечивать неподвижность трактора на уклоне при отсутствии водителя. В частности, в соответствии с ГОСТ 12.2.019-2015 [1] стояночная тормозная система должна обеспечивать остановку и удержание трактора на уклоне: без прицепа – 18 %, с прицепом – 12 %.

Кроме того, стояночная тормозная система может использоваться как запасная тормозная систем в случае отказа рабочей тормозной системы, обеспечивая требуемую эффективность торможения [2].

АНАЛИЗ СХЕМ ЛЕНТОЧНЫХ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ

В ленточных тормозных механизмах (ТМ) возможно несколько способов крепления концов ленты к рычагу управления. Рассмотрим несколько конструкций, наиболее часто применяемых на транспортно-тяговых машинах [3].

Простой ленточный тормоз (рис. 1, *a*). Обладает односторонним серводействием. При вращении тормозного барабана в указанном направлении величина тормозного момента может быть рассчитана согласно выражению:

$$M_T = P \cdot \frac{l}{d} \cdot (e^{\mu \cdot \alpha} - 1) \cdot R$$

При изменении направления вращения:

$$M_T = P \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{e^{\mu \cdot \alpha} - 1}{e^{\mu \cdot \alpha}} \cdot R$$

Простой ленточный тормоз с двумя подвижными концами (рис. 1, *b*) обладает одинаковой эффективностью независимо от направления вращения тормозного барабана:

$$M_T = P \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1} \cdot R.$$

Плавающий ленточный тормоз (рис. 1, *c*) также имеет двусторонний эффект самоусиления и тормозной момент рассчитывается:

$$M_T = P \cdot \frac{l}{d} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot R \quad (1)$$

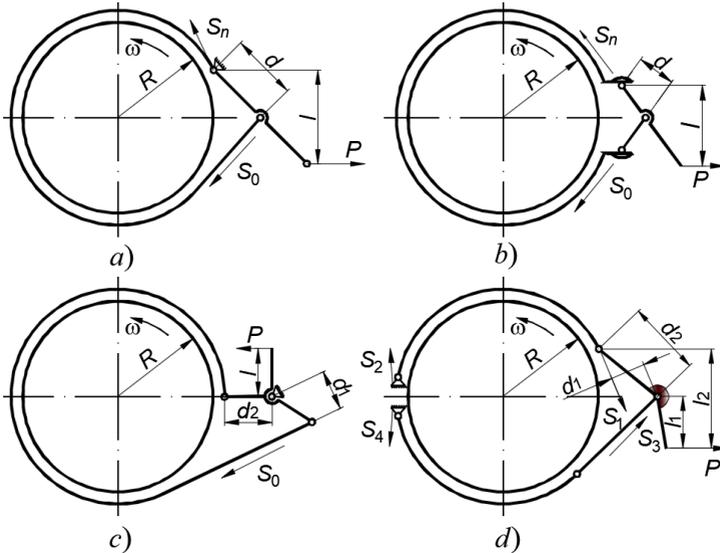


Рисунок 1 – Схемы ленточных ТМ:

a – простой ленточный тормоз; *b* – простой ленточный тормоз с двумя подвижными концами; *c* – плавающий ленточный тормоз; *d* – двойной ленточный тормоз

Двойной ленточный тормоз (рис. 1, *d*) развивает одинаковый тормозной момент независимо от направления вращения тормозного барабана в случае выполнения условий:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha / 2; \quad \text{и} \quad \frac{l_1}{d_1} = \frac{l_2}{d_2} = \frac{l}{d}; \quad M_T = P \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\frac{\alpha}{2}}} \cdot R.$$

В вышеприведенных формулах и рисунках приняты следующие обозначения: M_T – тормозной момент, Н · м; P – усилие на рычаге управления ТМ, Н; μ – коэффициент трения; α – угол обхвата лентой тормозного барабана; R – радиус барабана, м; l, d – плечи рычагов привода ленты, мм.

Если задаться значениями коэффициента трения и углом обхвата, например, $\mu = 0,3$ и $\alpha = 4,9$ и подставить их в расчетные формулы по определению тормозного момента, можно получить следующие результаты, позволяющие провести сравнительную оценку эффективности рассмотренных ленточных ТМ (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительная оценка ленточных ТМ

Тип ТМ	Тормозной момент	
	Прямой ход	Обратный ход
Простой ленточный с одним закрепленным концом	$3,8 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$	$0,795 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$
Простой ленточный с двумя подвижными концами	$0,66 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$	$0,66 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$
Плавающий ленточный	$3,8 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$	$3,8 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$
Двойной ленточный	$1,7 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$	$1,7 \cdot P \cdot \frac{l}{d} \cdot R$

В результате анализа выявлено, что наиболее приемлемым является плавающий тип ленточного ТМ, который обеспечивает максимальный тормозной момент независимо от направления вращения тормозного барабана при прочих равных конструктивных параметрах.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВАЮЩЕГО ЛЕНТОЧНОГО ТМ

Расчетный тормозной момент определяется по выражению (1). Усилие P на рычаге управления можно найти, задавшись усилием на органе управления (педали, рычаге) P_{Π} и передаточным отношением привода u_{Π} : $P = P_{\Pi} \cdot u_{\Pi}$. Подставляя в (1), получаем:

$$M_T = P_n \cdot u_{np} \cdot \frac{l}{d} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot R. \quad (2)$$

Применительно к существующей компоновке стояночной тормозной системы на тракторах «Беларус» МТЗ-80/82 с учетом максимальной унификации привода разработанного ТМ с серийным исполнением, для расчета примем следующие значения: $P_n = 200$ Н; $u_{np} = 18$; $\mu = 0,3$; $\alpha = 4,9$ рад; $R = 0,12$ м; $l = 88$ мм; $d = 31$ мм.

Подставляя принятые параметры в (2), получаем $M_T = 4000$ Н·м.

Перемещение подвижного конца ленты, если принять зазор между тормозной лентой и барабаном $\delta = 1$ мм и $\alpha = 4,9$ рад, составит $h = \delta \cdot \alpha = 4,9$ мм.

С целью оценки влияния на эффективность ТМ коэффициента трения μ и угла обхвата α рассчитаны и построены зависимости $M_T(\mu)$ и $M_T(\alpha)$, представленные на рис. 2, 3.

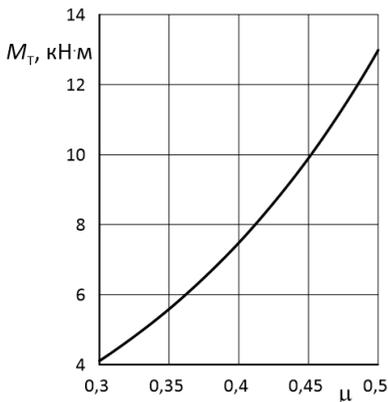


Рисунок 2 – Зависимость тормозного момента от коэффициента трения при $\alpha = 4,9$ рад

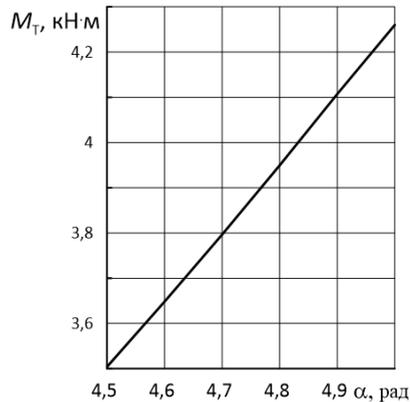


Рисунок 3 – Зависимость тормозного момента от угла обхвата α при $\mu = 0,3$

В данном ТМ предусмотрена регулировка зазора между лентой и барабаном, т. к. по мере износа увеличивается свободный ход рычага управления, что может нарушить работоспособность ТМ. Зависимость хода рычага управления от зазора между лентой и барабаном приведена на рис. 4.

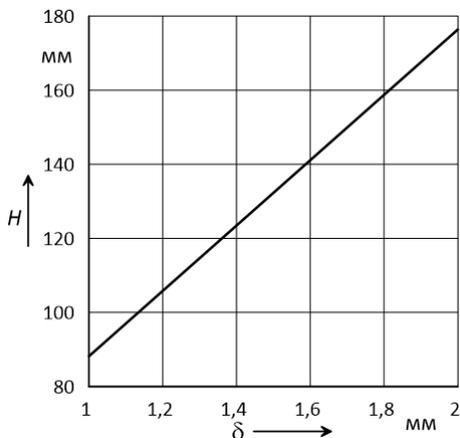


Рисунок 4 – Зависимость хода рычага управления от зазора между лентой и барабаном

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что наиболее приемлемым ТМ в качестве стояночной тормозной системы при заданных параметрах является ленточный ТМ плавающего типа.

В результате дорожных испытаний установлено, что установившееся замедление составляет 4,1–4,3 м/с² и обеспечивается блокировка задних колес на асфальте.

Однако для повышения стабильности удержания трактора на уклонах, регламентированных ГОСТ, требуется обеспечения жесткости установки тормозного барабана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.2.019-2015. М.: Стандартинформ. – 2016.
2. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормативы эффективности. Общие технические требования: ГОСТ 22895-77. – М. : Госстандарт. – 2011.
3. Зельцерман, И. М. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин / И. М. Зельцерман, Д. М. Каминский, А. Д. Онопко. – Москва : Машиностроение, 1965. – 240 с.

Представлено 03.04.2023