

13. Belova, M. V., Mikhailova, O. V., Novikova, G. V., Zaitsev, S. P., Belov, E. L. Development of microwave devices with toroidal resonators for treatment of raw materials // Journal of Environmental Treatment Techniques, 2019, 7(Special Issue), pp. 1215–1223.

14. Prosviryakova, M. V., Storchevoy, V. F., Goryacheva, N. G., Novikova, G. V., Storchevoy, A. V. Continuous-flow hop dryer with endogenous convection heat producers // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2022, 1052(1), 012141.

15. Prosviryakova M. V., Ziganshin B. G., Shogenov Yu. Kh., Mikhailova O. V., Tikhonov A. A. Modular microwave installation for heat treatment of raw materials of agricultural enterprises. <https://www.bioconferences.org/articles/bioconf/abs/2022/11/contents/contents.html>. BIO Veb-sajt konferencij. Tom 52 (2022). //Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sel'skoe hozyajstvo i prodovol'stvennaya bezopasnost': tekhnologii, innovacii, rynki, chelovecheskie resursy» (FIES 2022). Kazan', Rossiya, 26–28 maya 2022 g.

Information about authors

1. **Prosviryakova Maryana Valentinovna**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Automation and Robotization of Technological Processes named after Academician I.F. Borodin, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named K. A. Timiryazev, 127550, Moscow, Listvennichnaya Alleya, 6; e-mail: prosviryakova.maryana@yandex.ru;

2. **Goryacheva Natalya Gennadievna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Biomedical and Environmental Protection, Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergencies of Russia, 141435, Moscow region, Khimki, Novogorsk microdistrict; e-mail: goryacheva76@mail.ru;

3. **Novikova Galina Vladimirovna**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Nizhny Novgorod State Engineering and Economics University, 606340, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, st. Oktyabrskaya, 22 A; e-mail: NovikovaGalinaV@yandex.ru;

4. **Storchevoy Vladimir Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automation and Robotization of Technological Processes named after Academician I.F. Borodin, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 127550, Moscow, Listvennichnaya Alleya, 6; e-mail: energo-air@rgau-msha.ru;

5. **Selezneva Daria Mikhailovna**, Senior Lecturer, Department of Automation and Robotization of Technological Processes named after Academician I.F. Borodin, Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 127550, Moscow, Listvennichnaya Alleya, 6; e-mail: energo-dms@rgau-msha.ru.

УДК 631.37

DOI:

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИЗНОСА И СПОСОБ РЕМОНТА ДИСКОВ КОЛЕС ТРАКТОРА

П. А. Смирнов, М. П. Смирнов, В. П. Егоров

*Чувашский государственный аграрный университет
428003, г. Чебоксары, Российская Федерация*

Аннотация. Животноводческие помещения с остаточным ресурсом оказались весьма востребованными малым и средним бизнесом на селе. Реконструкция проводится, как правило, хозяйственным способом под современную механизированную раздачу кормов тракторными агрегатами. Однако приближенные строительные расчеты параметров трансформируемого здания и без учета параметров кинематики тракторного агрегата приводят к уменьшенным показателям по ширине проездов (проходов) внутри здания, а они в свою очередь – к интенсивному износу боковой поверхности шин и дисков колес о бетонные отбойники. Точно такая же картина наблюдается на современных уплотненных застройках жилых микрорайонов городов, где также наблюдается интенсивный износ узлов ходовой части коммунальных тракторных агрегатов. Положение существенно усложняется отсутствием отечественных малогабаритных тракторов тягового класса 6,0 и 9,0 кН. Использование вместо них тракторов тягового класса 14 кН также потребует еще большего увеличения ширины проходов. В статье изложены теоретические предпосылки возникновения износа, предложения проектировщикам и строителям по расчету проходов и зоны поворотов тракторных агрегатов. Предложен метод устранения износа и усиления дисков колес сваркой кольца, изготовленного из стального прутка. Для задних дисков потребуется прутки диаметром сечения 18 мм, на диски передних колес рекомендуется прутки диаметром 14 мм. Сварка к изношенному ободу проводится с двух сторон прутка, возможна как ручной дуговой, так и полуавтоматической сваркой в среде защитного газа. Во время сварки рекомендована проверка биения диска непосредственно на тракторе. При соблюдении рекомендаций и последовательности проведения сварки радиальное биение возможно в пределах 8...12 мм, боковое – до 15 мм. Для предотвращения среза корпуса золотника камеры предложено приварить к монтажному отверстию диска вставку в виде тонкостенного цилиндра. Проведенные мероприятия по

усилению дисков передних и задних колес трактора, непосредственно эксплуатируемого на фермах, позволили увеличить ресурс приблизительно в 1,6...1,8 раз по сравнению с ресурсом новых дисков.

Ключевые слова: кинематика трактора, диск колеса, обод колеса, усиление обода.

Введение. Недостатком типовых проектов ранее возведенных животноводческих комплексов, а также переоборудованных хозяйственным способом ферм являются недостаточные радиусы поворотов транспортных коммуникаций при въезде и внутри коровников, кормоцехов. Наличие высоких бетонных отбойников колес и бордюров предохраняют стены и оборудование коровников, но ограничивают пространство для маневрирования трактора с прицепным кормораздатчиком или задней навесной уборочной машиной. При этом узкие проходы между кормушками требуют повышенной точности вождения [3, 2, 14].

Эти проекты в большинстве случаев были проектированы под эксплуатацию тракторов тягового класса 6,0-9,0 кН. Но в российском сельскохозяйственном машиностроении сложилась такая ситуация, что реально на сегодняшний день трактора моделей Т-30А, Агромаш-30ТК (6,0 кН) и ЛТЗ-55, ЛТЗ-60 (0,9 кН) уже не выпускаются [4, 13]. А замена возможна только тракторами МТЗ-80/82 [12].

В зданиях с транспортной раздачей корма или с раздачей с рельсовых кормораздатчиков, как правило, технологические проходы узкие – до 1,4 м. Расширить проходы с 1,5...2,0 м до 3,0 м не удастся из-за коротких перемычек перекрытия в стенах и наличия опорных колонн на пути трактора. В некоторых частных случаях из-за указанных колонн схему движения кормораздатчика перепроектируют с одним и тем же въездом и выездом и, соответственно, с разворотом агрегата на другом конце внутри помещения. Для этого один торец здания частично разбирают и перестраивают заново [2, 14].

Тем не менее, остаточный ресурс таких зданий достаточный, даже не сопоставляемый с ресурсами зданий современных легких конструкций. Особенно развивающееся сельскохозяйственное мелкотоварное производство заинтересовано в таких переоборудованиях. И введение их вновь в производство продуктов животноводства является не только актуальной задачей, но и экономически оправданной.

Аналогичная ситуация образуется при работе коммунальных уборочных машин (КУМ) в городских условиях, особенно там, где высота бетонных колесоотбойников и бордюров превышает 0,3...0,35 м. К сожалению, после уплотненной застройки жилых кварталов существенно уменьшились ширины и радиусы поворотов подъездных дворовых путей, убираемые указанной машиной [10].

Методы и условия исследования. При построении кинематики работы КУМ или кормораздаточного агрегата с навесным раздатчиком на повороте наблюдается следующее (рисунок 1). Тракторист, стараясь более качественно убирать отведенную площадь, ведет правое переднее колесо 16 ближе к бордюру (расстояние $N \rightarrow N_{\min}$). При этом заднее правое колесо 17 трактора 4 будет перемещаться в контакте с бордюром [10].

В большинстве случаев в качестве тягового средства на животноводческих фермах применяются трактора МТЗ-80/82, ЛТЗ-55, ЛТЗ-60 на транспортной колее [8]. При поворотах в ограниченном пространстве, наезде колес на препятствия и при продолжении движения боковая поверхность шины скользит по бетонному препятствию. В результате срок службы шин трактора или прицепа ограничивается не износом протектора, а разрывом боковины. Еще большему механическому износу (истирание о бетон) подвергаются края ободьев колес, на котором центрируется шина на задней оси, причем до полного износа наружного развальцованного края.

Не исключены и ударные нагрузки на обод колеса. Поскольку толщина обода заднего колеса составляет всего 3,5 мм, переднего – 3,0 мм, то при ударной нагрузке на нем образуется значительная вмятина и трещина. Вмятина легко правится местным нагревом, однако при многократных случаях ремонта неизбежно снижение общей прочности обода, образование трещины и потеря округлости.

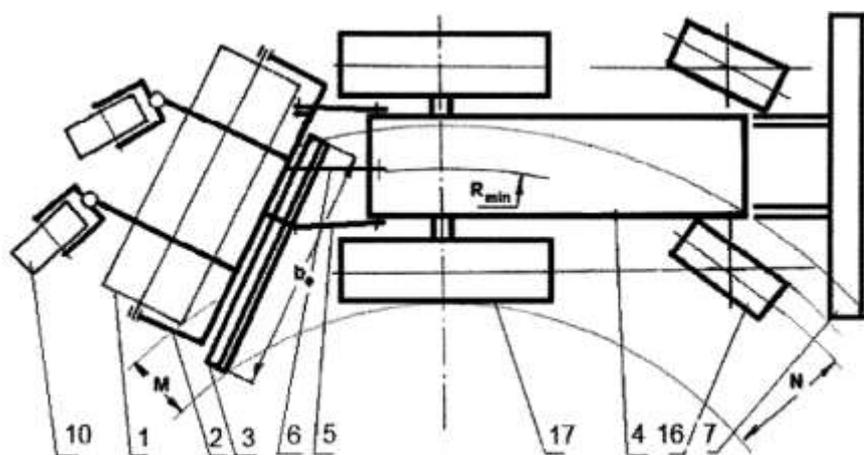


Рис. 1. Кинематика КУМ на повороте: необходимые обозначения в тексте [3]

Аналогичные вмятины обода возможны и при наезде краем колеса на препятствие высотой 0,20...0,30 м при других сельскохозяйственных работах, а также при неправильном монтаже (демонтаже) шины.

Анализируя далее рисунок 1, очевидно, что левое переднее колесо таким же образом изнашивается о бордюры узкого прохода с противоположной стороны. Изнашивание опорных колес прицепных кормораздатчиков также имеет место, но они менее заметны ввиду большей толщины ободьев и преимущественного прямолинейного движения указанных агрегатов [10].

Результаты исследований. Для ограниченных условий эксплуатации машинно-тракторных агрегатов проведен расчет минимальной ширины проездных путей ΔR_{min} как разницы максимального описываемого $R_{maxЛ}$ по левому переднему колесу и минимального $R_{minП}$ радиусов поворота (по правому заднему колесу) [11]:

$$\Delta R_{min} = R_{maxЛ} - R_{minП}. \quad (1)$$

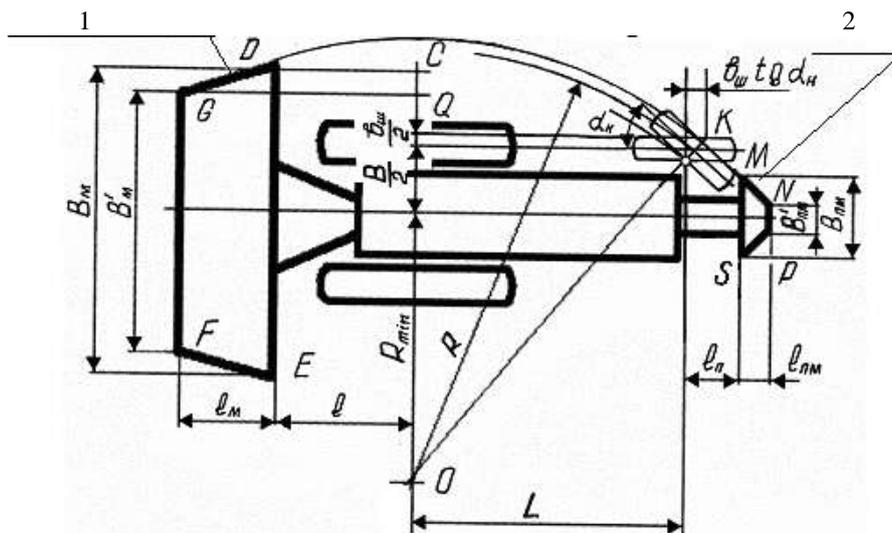


Рис. 2. Расчетная схема для определения габаритов навесной машины.

- 1 – примерный контур задней навесной машины;
2 – примерный контур передней машины

По аналогии [11]:

$$\left(R_{min} + \frac{B}{2} \right)^2 + (L + b_{uz} \operatorname{tg} \alpha_n)^2 = R_{maxЛ}^2,$$

где R_{min} – минимальный радиус поворота трактора;

B – колея трактора;

L – база трактора;

b_{uz} и b_{uz} – ширина шины переднего и заднего колеса;

α_n – угол поворота переднего колеса.

Преобразуем:

$$R_{maxЛ} = \sqrt{\left(R_{min} + \frac{B}{2} \right)^2 + (L + b_{uz} \operatorname{tg} \alpha_n)^2}. \quad (2)$$

Минимальный радиус поворота по правому заднему колесу представлен как:

$$R_{minП} = R_{min} - \frac{B + b_{uz}}{2}. \quad (3)$$

Подставляя выражения (2) и (3) в (1), получим искомую формулу расчета минимальной ширины подъездных путей:

$$\Delta R_{min} = R_{maxЛ} - R_{minП} = \sqrt{\left(R_{min} + \frac{B}{2} \right)^2 + (L + b_{uz} \operatorname{tg} \alpha_n)^2} - R_{min} - \frac{B + b_{uz}}{2}. \quad (4)$$

Проведенные расчеты выражением (4) по самому распространенному трактору МТЗ-80 показали, что минимальная ширина проездных путей составляет 2,55 м [11].

Также согласно рисунку 2 и по расчету габаритных размеров навесной машины для ЛПХ и КФХ [11], при минимальном радиусе поворота R_{min} практически не реально агрегатирование прицепной кормораздаточной или уборочной машины внутри животноводческого помещения. Габаритные размеры по ширине навесных машин должны быть в соответствии выражений (5) и (6). На длине подвеса l [10]:

$$B_m = 2 \left[\sqrt{\left(R_{\min} + \frac{(b_u + B)}{2} \right)^2 + (L + b_u \operatorname{tg} \alpha_n)^2} - l^2 - R_{\min} \right]. \quad (5)$$

На длине вылета всей машины ($l+l_m$):

$$B'_m = 2 \left[\sqrt{\left(R_{\min} + \frac{(b_u + B_1)}{2} \right)^2 + (L + b_u \operatorname{tg} \alpha_n)^2} - (l+l_m)^2 - R_{\min} \right]. \quad (6)$$

Внутри животноводческих помещений (по рисунку 2) очевидно, что не возможно использование передней навесной машины, например, бульдозерного отвала (по рисунку 1).

Для устранения и усиления ободьев диска колес предложен следующий способ ремонта – установкой колец усиления на края ободьев (рисунок 3). Предварительно обод рихтуется, видимые трещины свариваются с двух сторон с усилением шва не менее 1,5 мм. При наличии очагов коррозии (обычно с внутренней стороны обода), сегмент обода может быть заменен на аналогичный с негодного диска со сваркой внахлестку с двух сторон и рихтовкой для образования плавного перехода поверхностей [6, 9]. Во избежание истирания камеры об сварочный шов, после всех работ шов с внутренней стороны диска необходимо зачистить любой электро-, пневмошлифовальной машиной [5, 7].

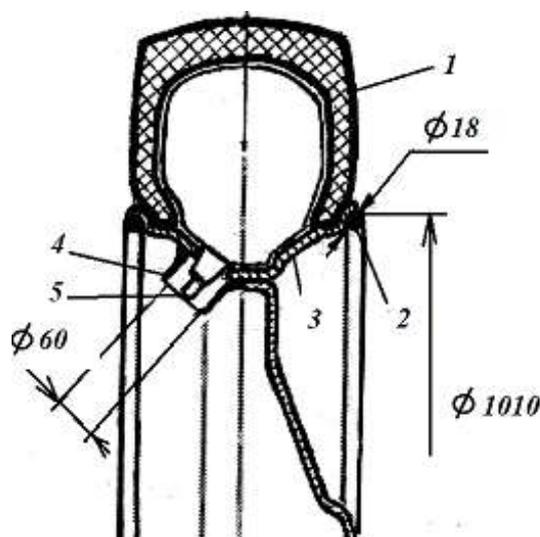


Рис. 3. Схема восстановления диска заднего колеса МТЗ: 1 – шина; 2 – кольцо усиления; 3 – обод диска колеса; 4 – привариваемая цилиндрическая вставка; 5 – вентиль камеры

Затем очищается край обода с наружной стороны диска. Из прутка диаметром 18...20 мм изгибается кольцо с внешним диаметром 1010 мм для шин с посадочным размером обода под шину 15,5×38. Для этого рекомендуется использование усиленного вальцовочного станка, когда обеспечивается высокая округлость кольца. При необходимости изготовленное кольцо на новом диске подгоняется под обод диска. Как правило, диаметр обода постоянно эксплуатируемого трактора стремится к уменьшению своего диаметра или деформирован, тогда кольцо изготавливается по новому диску, ремонтируемый обод рихтуется по кольцу. При этом контрольным параметром является расстояние от кольца до центрального отверстия диска. Первоначально кольцо прихватывается к ободу через каждые 15...20 см с двух сторон, затем проводится сплошная сварка также с двух сторон. Во избежание остаточных термических напряжений и деформаций в диске рекомендуется сваривать кольцо по рекомендациям правил сварки поворотных стыков на трубопроводах высокого давления диаметром более 300 мм. Например, по способу в два слоя с диаметрально противоположными вертикальными швами и поворотами диска на 90°. С единственным отличием – вместо двух слоев сварки в случае диска сварка проводится по двум сторонам кольца.

Длина развертки кольца для заднего колеса составляет приблизительно 3170 мм. Ободья задних колес усиливаются с обеих сторон. По опыту эксплуатации изношенных дисков: усиление с одной стороны диска ведет к интенсивному появлению разрушающих трещин с другой стороны.

Аналогичного усиления наружного обода требует изношенный диск переднего колеса. Например, для МТЗ-80 [12] внешний диаметр кольца составляет 545 мм, а длина развертки кольца – 1700 мм. В качестве материала наиболее соответствует прутки $\varnothing 14...16$ мм. Также рекомендуется полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа.

После выполнения всех ремонтных работ рекомендуется проверить центровку и биение диска установкой на трактор и вращением с постоянной скоростью. При соблюдении приведенных мероприятий возможно радиальное биение в пределах 8...12 мм, боковое – до 15 мм. К сожалению, биения на новом диске не проверены, цифровые данные в технической литературе не обнаружены.

Как правило, диски подвержены интенсивной коррозии и с внутренней стороны (со стороны камеры). При ручной дуговой сварке кольца краска полностью выгорает, поэтому необходима тщательная зачистка корродированных участков, обезжиривание, грунтовка и покраска нитроэмалью с двух сторон. При полуавтоматической сварке краска выгорает частично.

Попадание, особенно в зимних условиях, мерзлого корма, навоза между колесом и бордюром часто приводит к обрыву корпуса золотника камеры [1]. Аналогичные случаи довольно часты при работе колесного трактора на трелевке леса. Анализ показывает, что в большинстве случаев обрыв происходит за счет касательного усилия к вентилю как переднего, так и заднего колес. Следовательно, приварив к ободу возле отверстия вентилей камеры вставку в виде тонкостенного цилиндра, есть возможность предотвратить срезание (рисунок 3). Внутренний диаметр цилиндра $\varnothing 60$ мм для заднего колеса, $\varnothing 45$ мм – для переднего; высота цилиндра, соответственно – 60 и 40 мм.

Аналогичное приспособление уже введено на новых тракторах МТЗ, но в виде полукольца. Как показывает опыт эксплуатации, вероятность среза корпуса золотника при этом полностью не устраняется.

Выводы. 1) Для навесных кормораздаточных агрегатов мелкотоварного производства представлен подробный анализ возникновения износа обода диска колес – это перепроектирование проемов и коммуникаций производственных зданий и уплотненные застройки жилых микрорайонов без учета кинематики тракторов с кормораздатчиками или уборочными машинами.

2) Предложенный способ ремонта полностью соответствует техническим параметрам тракторов. По опыту эксплуатации усиление изношенного обода увеличивает ресурс диска в 1,6...1,8 раз даже по сравнению с новым диском при работе в аналогичных условиях.

Литература

- ГОСТ 8107-75 Вентили для пневматических камер и шин постоянного давления. Общие технические условия (с Изменениями N 1-5) : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 12.11.75 N 3887 / дата введения 1979-01-01. – Москва : Издательство стандартов, 1975. – 14 с.
- Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий ВНТП 2-96. – Москва : ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 1996. – 75 с.
- Инженерные конструкции: под редакцией Р. И. Бергена / Р. И. Бергман, Ю. М. Дукарский, Б. С. Семенов, Ф. В. Расс. – Москва : Высшая школа, 1989. – 415 с.
- Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию ЛТЗ-55, ЛТЗ-55А, ЛТЗ-55АН, ЛТЗ-60, ЛТЗ-60А, ЛТЗ-60АН Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию (ЛТЗ-55А-0000010ИЭ), 2000 – Текст электронный // Тракторы ЛТЗ-55-60 [сайт]. – URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-disk-public> обращения: 13.09.22).
- Наерман, М. С. Руководство для подготовки шлифовальщиков / М. С. Наерман, Я. М. Наерман. – Москва : Высшая школа, 1989. – Текст : электронный // Библиофонд : [сайт]. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=868827#text> (дата обращения: 13.09.22).
- Николаев, Г. А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций / Г. А. Николаев, С. А. Куркин, В. А. Винокуров. – Москва : Высшая школа, 1971. – 760 с.
- Попов, С. А. Шлифовальные работы / С. А. Попов. – Москва : Высшая школа, 1987 г. – Текст : электронный // Библиотека машиностроителя [сайт]. – URL : <https://lib-bkm.ru/load/67-1-0-1809> (дата обращения: 13.09.22).
- Пособие по эксплуатации МТА / Н. Э. Фере, В. З. Бубнов, А. В. Елисеев, Л. М. Пильщиков. – Москва : Колос, 1978. – 236 с.
- Сергеев, Н. П. Справочник молодого электросварщика / Н. П. Сергеев. – Москва : Высшая школа, 1980. – 192 с.
- Смирнов, П. А. Повышение эксплуатационных показателей коммунальной уборочной машины / П. А. Смирнов, М. П. Смирнов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2011. – № 2(57). – С. 36-37.
- Смирнов, П. А. Расчет габаритных размеров навесной машины для ЛПХ и КФХ / П. А. Смирнов, М. П. Смирнов // Вестник ИрГСХА. – 2011. – № 47. – С. 98-103.
- Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82 / И. П. Ксенович (руководитель коллектива), Н. Л. С. Кустанович, П. Н. Степанюк и [др.]. – Москва : Колос, 1975. – 243 с.
- Тракторы Т-30-69, Т-30-70 и Т30А-8. Инструкция по эксплуатации для оператора. – Концерн тракторные заводы. ООО Владимирский моторно-тракторный завод. – Текст : электронный // fermer.ru [сайт]. – URL : <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663094513&tld=ru&lang=ru&name=t30-69t30-70it30a-80.pdf&text> (дата обращения: 13.09.22).

14. Ходанович, Б. В. Проектирование и строительство животноводческих объектов / Б. В. Ходанкович. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 160с.

Сведения об авторах

1. **Смирнов Петр Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, тел. 8-960-310-19-09;

2. **Смирнов Михаил Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: sttmo@mail.ru;

3. **Егоров Виталий Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29.

ANALYSIS OF WEAR OCCURRENCE AND REPAIR METHOD OF TRACTOR WHEEL DISCS

P. A. Smirnov, M. P. Smirnov, V. P. Egorov
Chuvash State Agrarian University
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. Livestock buildings with a residual resource turned out to be in high demand by small and medium-sized businesses in the countryside. Reconstruction is carried out, as a rule, in an economic way for modern mechanized distribution of feed by tractor units. However, approximate construction calculations of the parameters of the transformed building and without taking into account the parameters of the kinematics of the tractor unit lead to reduced indicators for the width of the driveways (passages) inside the building, and they, in turn, lead to intensive wear of the side surface of the tires and wheel discs on concrete bumpers. Exactly the same picture is observed in modern compacted buildings of residential microdistricts of cities, where intensive wear of the undercarriage components of communal tractor units is also observed. The situation is significantly complicated by the lack of domestic small-sized tractors with a traction class of 6.0 and 9.0 kN. The use of 14 kN traction class tractors instead will also require an even larger aisle width. The article presents the theoretical prerequisites for the occurrence of wear, proposals to designers and builders on the calculation of passages and turning zones of tractor units. A method is proposed for eliminating wear and strengthening the wheel disks by welding a ring made of a steel bar. For the rear discs, a bar with a section diameter of 18 mm is required, for the discs of the front wheels, a bar with a diameter of 14 mm is recommended. Welding to the worn rim is carried out from both sides of the bar; it is possible both by manual arc welding and by semi-automatic welding in a shielding gas environment. During welding, it is recommended to check the disc runout directly on the tractor. Subject to the recommendations and sequence of welding, radial runout is possible within 8 ... 12 mm, lateral runout – up to 15 mm. To prevent shearing of the chamber spool body, it is proposed to weld an insert in the form of a thin-walled cylinder to the disc mounting hole. The measures taken to strengthen the disks of the front and rear wheels of a tractor directly operated on farms made it possible to increase the resource by approximately 1.6 ... 1.8 times compared to the resource of new discs.

Key words: tractor kinematics, wheel disc, wheel rim, rim reinforcement.

References

1. GOST 8107-75 Ventili dlya pnevmaticheskikh kamer i shin postoyannogo davleniya. Obshchie tekhnicheskie usloviya (s Izmeneniyami N 1-5) : utverzhden i vveden v dejstvie Postanovleniem Gosudarstvennogo komiteta standartov Soveta Ministrov SSSR ot 12.11.75 N 3887 / data vvedeniya 1979-01-01. – Moskva : Izdatel'stvo standartov, 1975. – 14 s.
2. Vedomstvennye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya svinovodcheskih predpriyatij VNTP 2-96. – Moskva : GU CNTI «Meliovodinform», 1996. – 75 s.
3. Inzhenernye konstrukcii: pod redakciej R. I. Bergena / R. I. Bergman, YU. M. Dukarskij, B. S. Semenov, F. V. Rass. – Moskva : Vysshaya shkola, 1989. – 415 s.
4. Instrukciya po ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu LTZ-55, LTZ-55A, LTZ-55AN, LTZ-60, LTZ-60A, LTZ-60AN Instrukciya po ekspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu (LTZ-55A-0000010IE), 2000 – Tekst elektronnyj // Traktory LTZ-55-60 [sajt]. – URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-disk-public obrashcheniya: 13.09.22>.
5. Naerman, M. S. Rukovodstvo dlya podgotovki shlifoval'shchikov / M. S. Naerman, YA. M. Naerman. – Moskva : Vysshaya shkola, 1989. – Tekst : elektronnyj // Bibliofond : [sajt]. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=868827#text> (data obrashcheniya: 13.09.22).
6. Nikolaev, G. A. Raschet, proektirovanie i izgotovlenie svarnyh konstrukcij / G. A. Nikolaev, S. A. Kurkin, V. A. Vinokurov. – Moskva : Vysshaya shkola, 1971. – 760 s.

7. Popov, S. A. Shtifoval'nye raboty / S. A. Popov. – Moskva : Vysshaya shkola, 1987 g. – Tekst : elektronnyj // Biblioteka mashinostoritelya [sajt]. – URL : <https://lib-bkm.ru/load/67-1-0-1809> (data obrashcheniya: 13.09.22).
8. Posobie po ekspluatatsii MTA / N. E. Fere, V. Z. Bubnov, A. V. Eliseev, L. M. Pil'shchikov. – Moskva : Kolos, 1978. – 236 s.
9. Sergeev, N. P. Spravochnik mladogo elektrosvarshchika / N. P. Sergeev. – Moskva : Vysshaya shkola, 1980. – 192 s.
10. Smirnov, P. A. Povyshenie ekspluatatsionnykh pokazatelej kommunal'noj uborochnoj mashiny / P. A. Smirnov, M. P. Smirnov // Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli. – 2011. – № 2(57). – S. 36-37.
11. Smirnov, P. A. Raschet gabaritnykh razmerov navesnoj mashiny dlya LPH i KFH / P. A. Smirnov, M. P. Smirnov // Vestnik IrGSKHA. – 2011. – № 47. – S. 98-103.
12. Traktory MTZ-80 i MTZ-82 / I. P. Ksenevich (rukovoditel' kollektiva), N. L. S. Kustanovich, P. N. Stepanyuk i [dr.]. – Moskva : Kolos, 1975. – 243 s.
13. Traktory T-30-69, T-30-70 i T30A-8. Instrukciya po ekspluatatsii dlya operatora. – Koncern traktornye zavody. OOO Vladimirskij motorno-traktornyj zavod. – Tekst : elektronnyj // fermer.ru [sajt]. – URL : <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663094513&tld=ru&lang=ru&name=t30-69t30-70it30a-80.pdf&text> (data obrashcheniya: 13.09.22).
14. Hodanovich, B. V. Proektirovanie i stroitel'stvo zhivotnovodcheskikh ob'ektov / B. V. Hodankovich. – Moskva : Agropromizdat, 1990. – 160s.

Information about the authors

1. **Smirnov Petr Alekseevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx St., 29; e-mail: smirnov_p_a@mail.ru, tel. 8-960-310-19-09;
2. **Smirnov Mikhail Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx St., 29; e-mail: sttmo@mail.ru;
3. **Egorov Vitaliy Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, K. Marx St., 29.