



УДК 631.17.002.5

## АНАЛИЗ БУКСОВАНИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Антощенко Р.В., к.т.н.,

Кашин Д.В. аспирант<sup>\*</sup>*Харьковский национальный технический университет**сельского хозяйства им. П. Василенко*

тел./факс (057) 732-97-95, e-mail: tiaxntusg@gmail.com

**Аннотация** - в работе обосновываются причины появления буксования и его влияние на тягово-энергетические показатели машинно-тракторного агрегата.

**Ключевые слова** – буксование, движители, машинно-тракторный агрегат.

*Постановка проблемы.* Основными критериями эффективности тракторов сельскохозяйственного назначения являются тяговая мощность или тяговый КПД. Поэтому усилие, соответствующее максимальной тяговой мощности или тяговому КПД, является оптимальным, а работа трактора с таким усилием обеспечивает ему максимальную производительность и топливную экономичность. Следовательно, задача исследования динамики процесса буксования колёс трактора является актуальной.

*Анализ последних исследований.* Эластичное колесо или гусеница для повышения сцепления с грунтом оснащается грунтозацепами; при этом взаимодействие движителя с грунтом можно рассматривать как проявление действия трёх сил трения между опорной поверхностью и грунтом, сдвига при упоре грунтозацепов и среза грунтового «кирпича» боковыми гранями грунтозацепов. На поверхностях с твёрдым покрытием проявляются преимущественно силы трения. На деформируемой поверхности грунтозацепы движителя сдвигают и срезают грунт в направлении, обратном движению. Упор грунтозацепов, сдвиг и срез грунтовых «кирпичей» возможен только при полном использовании сил трения, т.е. когда есть буксование движителя. Теоретически реализация ведущего момента должна сопровождаться буксованием, в результате чего движитель как бы перемещается назад на некоторое расстояние. В этом заключаются физическая сущность буксования движителей и основная причина снижения поступательной

---

<sup>\*</sup> Научный руководитель – доц., к.т.н. Антощенко Р.В.

© Р.В. Антощенко, Д.В. Кашин



скорости машины [1, 2].

*Формулирование целей статьи.* Целью данной работы является обоснование причин появления буксования и исследования его влияния на тягово-энергетические показатели машинно-тракторного агрегата.

*Основная часть.* Касательная сила тяги движителя возрастает с ростом буксования до определенного значения, после чего происходит её снижение.

Максимальная касательная сила тяги эластичного колеса (шины) достигается при значении буксования равном 0,15 – 0,20 (15 – 20%) на твёрдой опорной поверхности, 0,22 – 0,24 (22 – 24%) на деформируемой и свыше 0,3 (30%) для фона «поле под посев». Буксование свыше 0,3 (более 30%) существенно ухудшает показатели работы агрегата и приводит к недопустимому разрушению структуры почвы. Контроль буксования движителей и поддержание значения в оптимальных пределах необходимы для снижения вредного воздействия машинно-тракторных агрегатов на почву и повышения эффективности их работы. Измерение действительной скорости поступательного движения с помощью радарных средств основано на использовании эффекта Доплера, что находит применение в с.-х. производстве [3].

При буксовании разрушается структура почвы и нарушаются связи между её частицами, что приводит к увеличению глубины погружения колеса и к дополнительным затратам энергии на образование колеи. Чем меньше прочность грунта, тем интенсивнее происходит этот процесс.

В классической теории трактора [4-6] потенциальная тяговая характеристика и тяговый КПД как колесного, так и гусеничного трактора описываются следующими известными выражениями:

$$N_{KP} = N_E \eta_{TP} \left( \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) (1 - \delta), \quad (1)$$

$$\eta_T = \eta_{TP} \left( \frac{\varphi_{KP}}{\varphi_{KP} + f} \right) (1 - \delta), \quad (2)$$

где  $\delta$  – коэффициент буксования;

$N_{KP}$  – удельная тяговая мощность;

$N_E$  – удельная мощность двигателя;

$\varphi_{KP}$  – удельное тяговое усилие;

$f$  – коэффициент сопротивления передвижению;

$\eta_T$  – тяговый КПД;

$\eta_{TP}$  – КПД трансмиссии.

В работах [1, 2] в результате обобщения экспериментальных данных в широком диапазоне грунтовых условий для колесных тракторов предложена следующая формула коэффициента буксования:

$$\delta = 1 - \left( 1 - \frac{\varphi_K}{\varphi_{K \max}} \right)^{0,1 \left( 1 + \frac{\varphi_K}{\varphi_{K \max}} \right)}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{K \max}$  – максимальное касательное усилие на ведущих колесах.

Данная зависимость отражает более крутой характер кривой буксования колесных тракторов, а также наличие буксования при нулевом  $\varphi_{кр}$ .

Буксование трактора (2) оказывает значительное влияние на его тяговую характеристику и тем самым на энергетический баланс, энергетический потенциал производительности и непосредственно на производительность агрегата.

Для гусеничного сельскохозяйственного трактора средний коэффициент буксования в процессе рабочего элемента цикла составляет 2 – 10%, а для колесного трактора 10 – 30% при значительной вероятности работы более 30%.

Результаты математического моделирования динамики трактора ХТЗ-17022 (в составе пахотного машинно-тракторного агрегата) [7] показали увеличение буксования при разгоне с места и последующем установлении на постоянном значении при постоянной скорости (рис. 1).

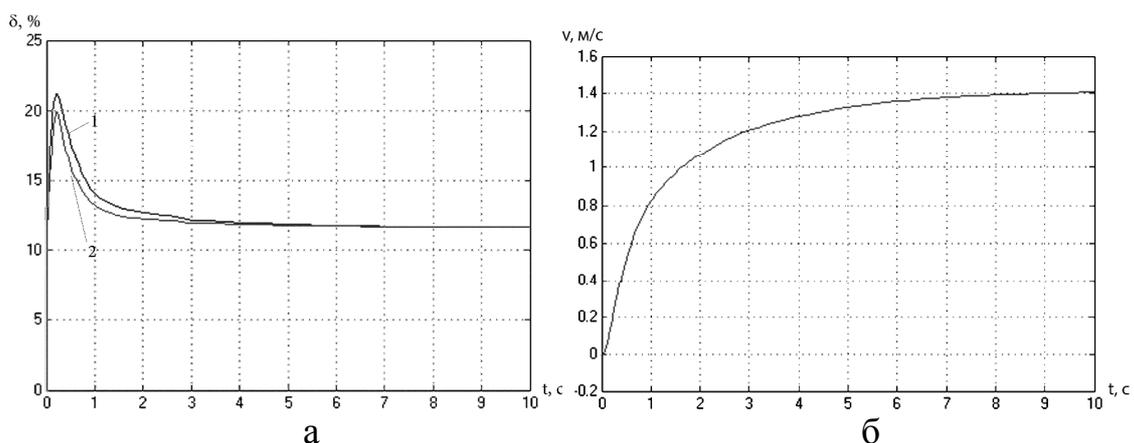


Рис. 1. Результаты моделирования динамики трактора ХТЗ-17022 (а – буксование колёс трактора, б – скорость движения): 1 – буксование колёс передней оси трактора; 2 – буксование колёс задней оси.

Таблица 1 – Результаты величины буксования от частоты колебаний тяговой нагрузки

Коэффициент буксования		Частота колебаний тяговой нагрузки			
		$m_1=5,4$ 1/сек	$m_2=8,8$ 1/сек	$m_3=10,2$ 1/сек	$m_4=12,7$ 1/сек
$\delta_1$	Экспериментальные при $v=7,5$ км/ч	14,8	19,7	23,6	28,2
$\delta_2$	Экспериментальные при $v=9,6$ км/ч	13,8	17,7	20,1	23,7
$\delta_3$	Экспериментальные при $v=13$ км/ч	10,8	14	15,9	18
$\delta_4$	Экспериментальные при $v=16$ км/ч	10	11,2	12	13,7

Результаты экспериментального исследования [8] показали влияние частоты и амплитуды колебаний тягового сопротивления на величину буксования ведущих колес трактора при разных скоростях движения (табл. 1, рис. 2). Данные исследований позволяют судить о характере изменения величины буксования в зависимости от частоты и амплитуды колебаний тягового сопротивления.

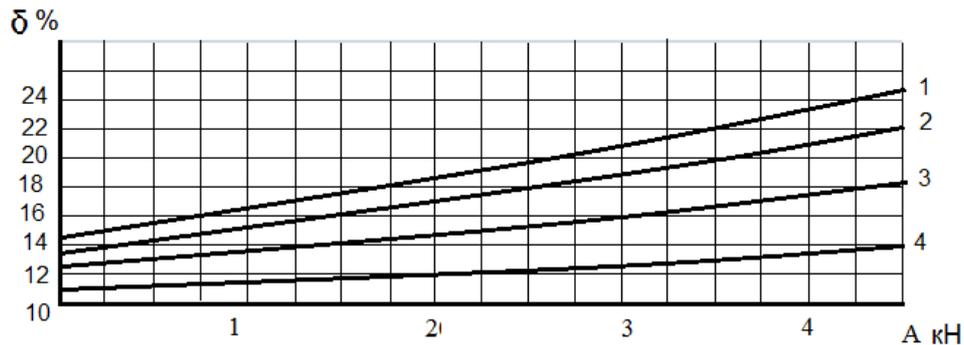


Рис. 2. Влияние амплитуды  $A$  колебаний тяговой нагрузки на величину буксования  $\delta$  при постоянной крюковой силе тяги при разных скоростях движения: 1 – 7,5 км/ч; 2 – 9,6 км/ч; 3 – 13 км/ч; 4 – 16 км/ч.

При скорости движения трактора 7,5 км/ч с изменением частоты колебания тягового сопротивления буксование ведущих колес возросло в 1,9 раза, а при скорости 16 км/ч увеличение буксования значительно меньше.

С ростом амплитуды колебаний тягового сопротивления буксование ведущих колес трактора увеличивается (рис. 2). Изменение амплитуды колебаний тягового сопротивления от 0,96 кН до 4 кН увеличило буксование ведущих колес в 1,6 раза при скорости движения 7,5 км/ч (рис.2 линия 1) и в 1,2 раза при скорости движения 16 км/ч (рис. 2 линия 4).



Увеличение буксования ведущих колес трактора с ростом амплитуды колебаний тягового сопротивления можно объяснить тем, что при сцеплении колеса с почвой зацепы оказывают на элементы почвы ударную нагрузку. При этом происходит скалывание слоя почвы, защемленного между зацепами, в результате чего уменьшается сопротивление почвы сдвигу, а горизонтальная деформация почвы возрастает.

*Выводы.*

1. Буксование трактора оказывает значительное влияние на его тяговую характеристику и тем самым на энергетический баланс, энергетический потенциал производительности и непосредственно на производительность агрегата.

2. Для гусеничного сельскохозяйственного трактора средний коэффициент буксования в процессе работы составляет 2 – 10 %, а для колесного трактора может составлять 10 – 30 %.

3. Результаты экспериментальных исследований показали влияние частоты и амплитуды колебаний тягового сопротивления на величину буксования ведущих колес трактора при разных скоростях движения.

*Литература.*

1. Гинзбург Ю.В. Промышленные тракторы [Текст] / Ю.В. Гинзбург, А.И. Швед, А.П. Парфенов. – М.: Машиностроение, 1986. – 293 с.

2. Гинзбург Ю.В. Тяговые характеристики гусеничных и колесных промышленных тракторов [Текст] / Ю.В. Гинзбург, А.П. Парфенов, А.И. Швед. – М.: ЦНИИТЭИтракторосельхозмаш, 1981. – 75 с.

3. Малорацкий Л.Г. Радиолокационные измерения параметров движения машинно-тракторного агрегата [Текст] / Л.Г. Малорацкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1986. – № 11. – С. 18 – 20.

4. Позин Б.М. Вопросы методологии в теории тяговой характеристики трактора [Текст] / Б.М. Позин. – Челябинск: ЧИМЭСХ, 2006. – 123 с.

5. Тракторы: Теория / [В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.] ; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

6. Трепененков И.И. Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов [Текст] / И.И. Трепененков. – М.: Машгиз, 1963. – 271 с.

7. Антощенко Р.В. Теоретические исследования динамической модели колесного трактора класса 30КН [Текст] / Р.В. Антощенко // Motrol. – Т. 15, №7 – 2013. – Lublin. – С. 171 – 176.

8. Мочунова Н.А. К вопросу определения буксования ведущих



колес трактора [Текст] / А.К. Тургиев, М.А. Каранетян, Н.А. Мочунова  
// Естественные и технические науки. – 2010. – № 5. – С. 570 – 572.

## **АНАЛІЗ БУКСУВАННЯ РУШІВ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ**

Р. В. Антощенко, Д.В. Кашин

***Анотація*** - у роботі обґрунтовуються причини появи буксування та вплив на тягово-енергетичні показники машинно-тракторного агрегату.

## **ANALYSIS OF WHEELS SLIPPING OF TRACTOR UNIT**

R. Antoshchenkov, D. Kashin

### ***Summary***

**The substantiates reasons for the appearance wheels slipping and its effect on energy performance of a tractor unit are presented in this article.**