

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПО ОСЯМ КОЛЕС ПОЛНОПРИВОДНОГО ТРАКТОРА НА ЕГО ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Зырянов А. П.,

доц., канд. техн. наук,

Сусанин А. В.,

аспирант

Южно-Уральский государственный аграрный университет, г. Троицк

Рассмотрено влияние соотношения нагрузок, приходящихся на переднюю и заднюю оси полноприводного колесного трактора с дифференциальным симметричным межосевым приводом, на движущую силу. Определена их аналитическая взаимосвязь и выполнен анализ. Найдено оптимальное значение коэффициента динамического распределения нагрузок по осям колес, обеспечивающего достижение наибольшего значения движущей силы ведущих колес.

Ключевые слова: нормальная нагрузка, распределение, движущая сила, дифференциал.

THE EFFECT OF UNEVEN LOAD DISTRIBUTION ALONG THE WHEEL AXLES OF AN ALL-WHEEL DRIVE TRACTOR ON ITS TRACTION PERFORMANCE

The influence of the ratio of loads on the front and rear axles of an all-wheel drive wheeled tractor with a differential symmetrical interaxle drive on the driving force is considered. Their analytical relationship is determined and the analysis is performed. The optimal value of the coefficient of dynamic load distribution along the axes of the wheels is found, ensuring the achievement of the highest value of the driving force of the driving wheels.

Keywords: normal load, distribution, driving force, differential.

При использовании колесных тракторов в составе машинно-тракторных агрегатов в процессе выполнения различных технологических операций в растениеводстве, а также транспортировке сельскохозяйственных грузов нагрузка на их крюке изменяется в широком диапазоне (от 30 до 100 % относительно номинального усилия на крюке) [1]. Известно, что сила сопротивления, возникающая в точке присоединения к трактору сельскохозяйственной машины или прицепа, приводит к перераспределению нагрузок на его передних и задних осях колес [2–4]. В результате изменяются тягово-сцепные показатели передних и задних движителей трактора, что приводит к снижению энергетической эффективности его использования [5].

Целью исследования является определение влияния соотношения нормальных нагрузок, приходящихся на оси полноприводного трактора, на его тягово-сцепные показатели.

Задача исследования — выявить теоретическую зависимость движущей силы трактора от соотношения нормальных нагрузок, приходящихся на оси, и определить их оптимальное распределение.

При использовании в энергетическом средстве симметричного межосевого дифференциала крутящий момент распределяется равномерно на переднюю и заднюю оси колес. При этом движущая сила полноприводного трактора формируется как сумма движущих сил передней ($P_{дв1}$) и задней ($P_{дв2}$) ведущих осей, которая в случае недостаточного сцепления движителей с опорной поверхностью определяется как

$$P_{дв} = P_{дв1} + P_{дв2} = Y_1 \cdot \mu_1 + Y_2 \cdot \mu_2, \quad (1)$$

где Y_1, Y_2 — реакции опорной поверхности соответственно на колеса передней и задней ведущих осей, кН; μ_1, μ_2 — коэффициенты сцепления соответственно передних и задних ведущих колес с опорной поверхностью.

При использовании симметричного дифференциального межосевого привода движущая сила трактора ограничивается той нормальной нагрузкой, которая имеет минимальное значение на одной из двух осей. Если принять допущение, что коэффициенты сцепления передних и задних движителей с опорной поверхностью одинаковы, то

$$P_{дв} = 2Y_{\min} \cdot \mu, \quad (2)$$

а недоиспользование движущей силы (ее потери относительно потенциального возможного значения) составит

$$\Delta P_{дв} = (Y_{\max} - Y_{\min}) \cdot \mu \text{ или } \Delta P_{дв} = |Y_1 - Y_2| \cdot \mu, \quad (3)$$

где Y_{\max}, Y_{\min} — соответственно максимальная и минимальная нормальные реакции опорной поверхности, действующие на колеса передней и задней осей трактора, кН.

Для оценки распределения нагрузок по осям колес используют коэффициент динамического распределения [6]:

$$\lambda = Y_1 / Y_2. \quad (4)$$

Подставим в (3) выражение (4) и после преобразования получим

$$\Delta P_{дв} = \left| \frac{(\lambda - 1) \cdot m_{тр} \cdot g \cdot \mu}{\lambda - 1} \right|, \quad (5)$$

где $m_{\text{тр}}$ — эксплуатационная масса трактора, т; g — ускорение свободного падения, м/с^2 .

Графически зависимости (2) и (5) представлены на рис. 1.

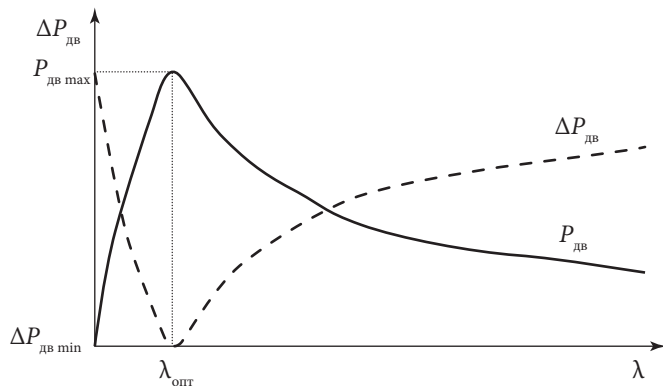


Рис. 1. Зависимость движущей силы трактора и ее потерь от коэффициента динамического распределения нагрузок по осям колес

На рисунке видно, что с увеличением коэффициента динамического распределения нагрузок по осям ведущих колес трактора до определенного значения ($\lambda_{\text{опт}}$) движущая сила увеличивается до максимального значения ($P_{\text{дв max}}$), а затем снижается. При этом наименьшее значение недоиспользованной движущей силы трактора также находится в точке $\lambda_{\text{опт}}$.

Для определения оптимального значения коэффициента динамического распределения нагрузок по осям колес найдем первую производную функции $\Delta P_{\text{дв}} = f(\lambda)$ и приравняем ее к нулю. После преобразования получим

$$\frac{(m_{\text{тр}} \cdot g \cdot \lambda_{\text{опт}} - m_{\text{тр}} \cdot g) \cdot \left(\frac{m_{\text{тр}} \cdot g}{\lambda_{\text{опт}} + 1} - \frac{m_{\text{тр}} \cdot g \cdot \lambda_{\text{опт}} - m_{\text{тр}} \cdot g}{(\lambda_{\text{опт}} + 1)^2} \right) \sin(\lambda_{\text{опт}} - 1) \operatorname{sign} \left(\frac{1}{\lambda_{\text{опт}} + 1} \right)}{m_{\text{тр}} \cdot g (\lambda_{\text{опт}} - 1)} = 0. \quad (6)$$

Решив уравнение (6), оптимальное значение коэффициента динамического распределения нагрузок по осям колес $\lambda_{\text{опт}} = 1$.

Таким образом, наибольшее значение движущей силы трактора при дифференциальном симметричном межосевом приводе достигается при соотношении нагрузок на переднюю и заднюю оси равном единице, то есть при $Y_1 = Y_2$.

Список литературы

1. Журавлев С. Ю. Рациональные тягово-энергетические показатели колесного 4К4 трактора при реализации ресурсосберегающих операций почвообработки // Вестн. Омск. ГАУ. 2019. № 4 (36). С. 154–161.

2. *Окунев Г. А., Зырянов А. П., Пятаев М. В.* Влияние конструктивных и эксплуатационных параметров агрегата на рациональное положение центра тяжести дополнительного прицепного ведущего моста // АПК России. 2022. Т. 29, № 1. С. 48–53.

3. *Зырянов А. П., Пятаев М. В., Максименко А. В.* Рациональное распределение грузов на тракторе в зависимости от нагрузки на крюке // Современные тенденции технологического развития АПК : материалы Международ. науч.-практ. конф. Института агроинженерии, посвящ. 85-летию кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка имени профессора М. П. Сергеева / под ред. М. Ф. Юдина. Челябинск, 2019. С. 66–74.

4. *Зезетко Н. И.* Определение оптимального положения центра тяжести колесного трактора // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. 2014. № 2 (43). С. 20–25.

5. *Плаксин А. М., Зырянов А. П.* Энергетические показатели использования агрегатов при дифференциации массы трактора // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 2. С. 22–24.

6. *Зырянов А. П.* Повышение эффективности использования МТА с колесными тракторами высокого тягового класса путем дифференциации их массы : дис. ... канд. техн. наук. Челябинск, 2009. 164 с.