

Определение коэффициента сцепления ведущих колес трактора МТЗ-82

Determination of traction coefficient of driving wheels of the MTZ-82 tractor

К. И. ГОРОДЕЦКИЙ, д-р техн. наук
В. В. СЕРЕБРЯКОВ, канд. техн. наук
А. М. ЛАВЛИНСКИЙ, инж.

Московский политехнический университет,
Москва, Россия, kg1101@yandex.ru

K. I. GORODETSKIY, DSc in Engineering
V. V. SEREBRYAKOV, PhD in Engineering
A. M. LAVLINSKIY, Engineer

Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia,
kg1101@yandex.ru

Известны различные способы управления величиной нормальных реакций поверхности под движителями трактора. Один из них — регулирование высоты точки прицепа и угла приложения силы тяги. Преимущество этого способа заключается в создании необходимых условий для автоматического управления положением центра давления, что обеспечивает оптимизацию технико-экономических показателей работы машинно-тракторного агрегата. Для проверки работоспособности данного способа необходимо провести испытания с определением параметров работы трактора, в том числе коэффициента сцепления ведущих колес. Предлагаются два варианта его определения: буксирование трактора с заблокированными ведущими колесами и тяговые испытания. В обоих вариантах сила тяги на крюке прикладывается под углом. Результатом тяговых испытаний также будет экспериментальная тяговая характеристика трактора. В ходе предварительных расчетов определено распределение веса по осям в зависимости от величины и угла приложения силы тяги. Изменение веса на задней оси идет интенсивнее, чем на передней. Необходимо использовать балластные грузы в задней части трактора, чтобы компенсировать ее разгрузку. Для проектируемых тракторов и сельскохозяйственных орудий следует выбирать рациональную компоновку и конструкцию, учитывая перераспределение веса при агрегатировании. Предварительная расчетная проверка подтверждает возможность применения буксирования трактора задним ходом с заблокированными ведущими колесами для определения коэффициента сцепления ведущих колес. Приложение силы тяги под углом позволяет увеличивать или уменьшать реакции опорной поверхности на движители трактора во время выполнения конкретной работы и поэтому имеет преимущество по сравнению с традиционным балластированием передней части трактора. В сочетании с возможностью независимого изменения момента опрокидывания трактора назад это позволяет оптимизировать его тягово-сцепные характеристики.

Ключевые слова: трактор; сила тяги; распределение веса; испытания трактора; коэффициент сцепления; тяговые испытания.

There are various ways to control the value of normal responses of surface under tractor movers. One of them is to regulate the height of hitch point and the angle of drawbar power. The advantage of this method is that the necessary conditions are created for the automatic control of position of the center of pressure, which ensures the optimization of technical and economic indices of machine-tractor unit operation. To verify this method, it is necessary to carry out the tests determining the parameters of tractor operation, including the traction coefficient of driving wheels. Two variants of its determination are proposed: the towing of tractor with locked driving wheels and the drawbar tests. In both cases, the tractive effort at drawbar is applied at an angle. As a result of drawbar tests, an experimental tractive characteristic of tractor will also be obtained. In preliminary calculations, the weight distribution along the axes is determined depending on the value and the angle of drawbar power. The weight change on the rear axle is more intense than on the front one. It is necessary to use ballast weights on the tractor rear to compensate its unloading. As for tractors and agricultural implements under design, it is necessary to choose the rational component layout and design taking into account the weight redistribution during aggregation. The pre-calculated verification confirms the possibility of use of tractor towing in reverse gear with locked wheels to determine the traction coefficient of driving wheels. The applying of drawbar power at an angle allows to increase or decrease the responses of bearing surface on tractor movers during a particular operation and therefore has an advantage over conventional ballasting at the front of tractor. In combination with the ability to change the back tipping moment, this allows to optimize the traction characteristics of tractors.

Keywords: tractor; pulling force; weight distribution; tractor tests; traction coefficient; drawbar tests.

Введение

В работе [1] сделан вывод о том, что управлять величиной нормальных реакций под движителями трактора можно навешиванием балласта спереди и сбоку (наиболее известный и применяемый способ) или изменением компоновки трактора (треугольная схема гусеничного обвода). Но компоновка определяется на начальных этапах проектирования машины и представляет собой характеристику модели, а балласт не снимают даже на транспортных работах, когда сила тяги в несколько раз меньше номинальной.

Исходя из работы [1], можно предложить способ управления положением центра давления путем регулирования высоты $h_{кр}$ и угла γ приложения силы тяги. Преимущество этого способа заключается в создании необходимых условий для автоматического управления положением центра давления, что обеспечивает оптимизацию технико-экономических показателей работы машинно-тракторного агрегата.

Коэффициент сцепления — важный показатель трактора, который наряду с буксованием используется для определения его оптимальных конструктивных параметров, построения тяговых характеристик проектируемых и сравнения характеристик испытываемых тракторов [2].

Цель исследования

Цель данной работы состоит в описании двух вариантов испытаний трактора МТЗ-82 при действии силы тяги, направленной под углом, и их сравнении в части методов нахождения коэффициента сцепления ведущих колес.

Материалы и методы

Предлагается провести два испытания трактора, по результатам которых определим коэффициент сцепления ведущих колес и получим экспериментальную тяговую характеристику. Сила тяги на крюке будет приложена под углом γ .

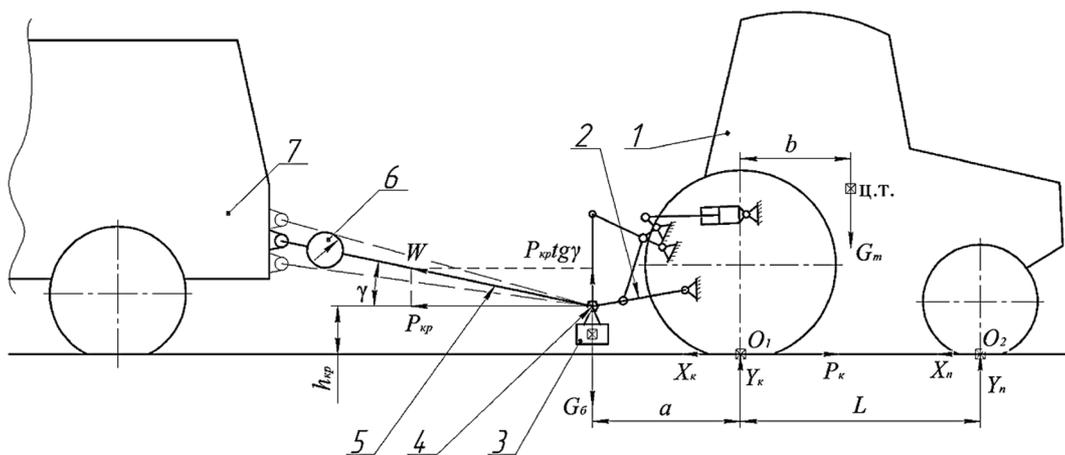


Рис. 1. Схема эксперимента:

1 — испытываемый трактор; 2 — нижние тяги навесной системы; 3 — балластный груз; 4 — точка прицепа и приложения силы тяги; 5 — дышло; 6 — динамометр; 7 — самоходная загрузочная тележка

Первый вариант испытаний показан на рис. 1. На испытываемом тракторе установлены одинарные, сдвоенные или строенные ведущие колеса, блокируемые во время эксперимента. Перемещение трактора производится другой машиной задним ходом. При этом заблокированные колеса протаскиваются по принятому в опыте почвенному фону со 100 %-м скольжением. Привод передних колес испытываемого трактора отключен, а сами передние колеса находятся в режиме свободного качения.

Измерив динамометром силу W на крюке, рассчитав силы $P_{кр}$, $P_{кр}tg\gamma$ и зная массу трактора, приходящуюся на ведущие колеса, находим коэффициент сцепления [3, 4]. При отключенном переднем мосте и разблокированных передних колесах коэффициент сцепления ведущих колес будет равен отношению силы тяги к величине нормальной реакции под ними:

$$\varphi = \frac{P_{кр}}{Y_к}$$

Второй вариант основан на методике тяговых испытаний в соответствии с ГОСТ 30745—2001 [5] за исключением угла приложения силы тяги на крюке и наличия дополнительных балластных грузов в задней части трактора [1]. Коэффициент сцепления вычисляется расчетным путем исходя из силы тяги $P_{кр}$ на крюке и развесовки трактора.

Результаты и их обсуждение

На примере трактора МТЗ-82 проведены теоретические расчеты двух способов нахождения коэффициента сцепления ведущих колес при движении трактора по бетону.

При изменении угла γ изменяется развесовка по осям. Во время проведения опыта по первому варианту сила тяги W на крюке возрастает от нуля до значения, при котором произойдет страгивание трактора с места. Силы $P_{кр}$ и $P_{кр}tg\gamma$ находим расчетным путем. Зная раз-

весовку трактора и силу $P_{кр}$, можно вычислить коэффициент сцепления ведущих колес (см. таблицу и рис. 2).

Кривые на рис. 2 имеют некоторый радиус кривизны. Это объясняется тем, что приходящийся на заднее колесо вес зависит от величины силы $P_{кр}tg\gamma$.

В опыте по второму варианту получим экспериментальную тяговую характеристику. При увеличении угла γ нагрузка на задние колеса будет уменьшаться, что вызовет увеличение буксования (рис. 3).

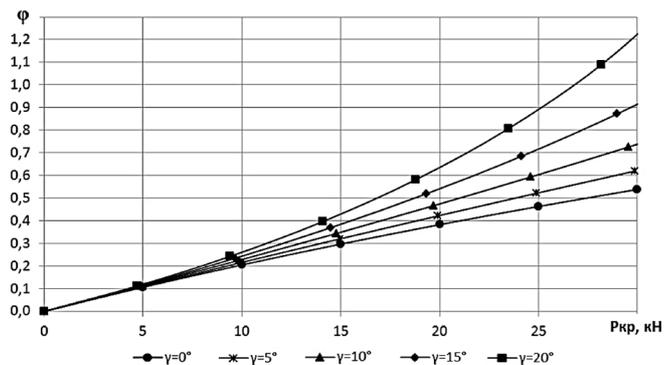


Рис. 2. Коэффициент φ сцепления ведущих колес при разных углах γ приложения силы тяги $P_{кр}$ на крюке

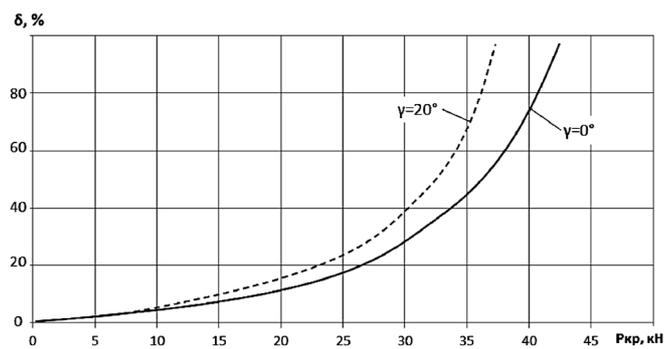


Рис. 3. Зависимость буксования δ от силы тяги $P_{кр}$ без учета балласта

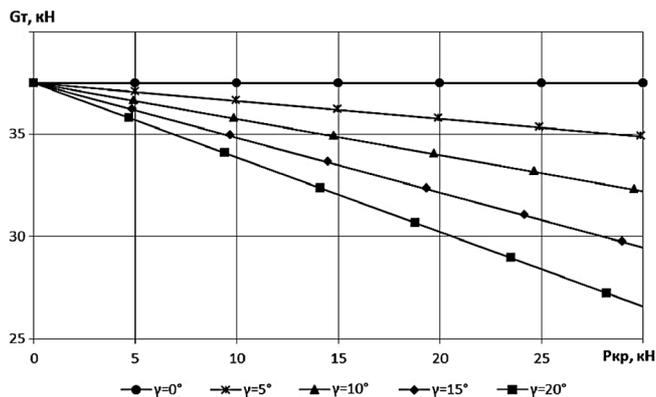


Рис. 4. Влияние угла γ на вес трактора G_T

Построим зависимость $G_T = f(P_{кр})$ при различных углах приложения силы тяги (рис. 4). Поскольку $P_{кр} \text{tg} \gamma$ увеличивается, общий вес трактора уменьшается. Чтобы не терять сцепной вес и уменьшить буксование, предлагается использовать балластные грузы, навешиваемые в задней части трактора, например на колеса или тяги навесной системы. Из рис. 4 видно, что при $\gamma = 20^\circ$ вес балластных грузов должен быть не менее 10 кН, чтобы вернуть развесовку по осям к значениям, как при $\gamma = 0^\circ$.

На рис. 5 показана развесовка трактора по осям при различных углах приложения силы тяги. Видно, что вес под задней осью снижается быстрее, чем под передней. Уменьшение сцепного веса заднего моста снижает КПД трактора, особенно при больших значениях $P_{кр}$, поэтому необходимо догружать заднюю часть. В общем случае это можно сделать разнообразными способами, один из которых — выбор компоновки трактора на стадии проектирования. Таким же образом необходимо подходить к созданию и усовершенствованию с.-х. орудий, учитывая их влияние на работу машинно-тракторного агрегата в части рациональной развесовки. Уже построенные тракторы следует нагружать балластными грузами.

В случае описываемых опытов предлагается использовать балластные грузы в задней части трактора. Однако как видно из рис. 5, при углах более 20° необходимая масса балласта для увеличения сцепного веса заднего моста становится слишком большой (более 1 т). Поэтому для конкретного трактора нужно найти рациональный угол приложения силы тяги, массу и расположение балласта. Оценить влияние балласта и угла приложения силы тяги можно по степени буксования колес и расходу топлива, определяемым во время тяговых испытаний.

Расчетные значения коэффициента ϕ сцепления ведущих колес

γ , град.	W , кН	$P_{кр}$, кН	$P_{кр} \text{tg} \gamma$, кН	ϕ
0	30	30	0	0,54
5	30	29,9	2,6	0,62
10	30	29,5	5,2	0,73
15	30	29	7,8	0,87
20	30	28,2	10,3	1,09

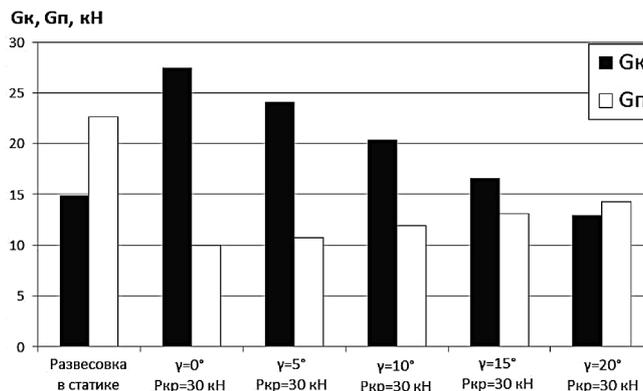


Рис. 5. Развесовка трактора по осям при различных углах γ приложения силы тяги $P_{кр}$

Выводы

1. Приложение силы тяги под углом позволяет увеличивать или уменьшать реакцию опорной поверхности на движители трактора во время выполнения конкретной работы и поэтому имеет преимущество по сравнению с традиционным балластированием передней части трактора. В сочетании с возможностью независимого изменения момента опрокидывания трактора назад это позволяет оптимизировать тягово-сцепные характеристики тракторов.

2. Предварительная расчетная проверка подтверждает возможность применения буксирования трактора задним ходом для определения коэффициента сцепления ведущих колес.

Литература и источники

- Городецкий К. И., Лавлинский А. М., Алендеев Е. М. Нагружение трактора на тяговых испытаниях при силе тяги, направленной под углом // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 8. С. 10—14.
- Стекольщиков В. В. Аналитическая зависимость КПД ходовой части от распределения вертикальных нагрузок по ведущим осям трактора 4×4 при движении по деформируемому грунту // Труды НАТИ. 1977, вып. 251. С. 15—22.
- Львов Е. Д. Теория трактора. М.: Машгиз, 1960. 252 с.
- Цимбалин В. Б., Кравец В. Н., Кудрявцев С. М. и др. Испытания автомобилей. М.: Машиностроение, 1978. 199 с.
- ГОСТ 30745—2001. Тракторы сельскохозяйственные. Определение тяговых показателей. М.: Издательство стандартов, 2002. 15 с.

References

- Gorodetskiy K. I., Lavlinskiy A. M., Alendevev E. M. Loading of tractor on drawbar test when pulling force is directed at the angle. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016, no. 8, pp. 10—14 (in Russ.).
- Stekol'shchikov V. V. Analytical dependence of the efficiency of chassis on the distribution of vertical loads on drive axles of 4×4 tractor when driving on deformable ground. *Trudy NATI*, 1977, vol. 251, pp. 15—22 (in Russ.).
- L'vov E. D. *Teoriya traktora* [Theory of tractor]. Moscow, Mashgiz Publ., 1960, 252 p.
- Tsimbalin V. B., Kravets V. N., Kudryavtsev S. M., Uspenskiy I. N., Peskov V. I. *Ispytaniya avtomobiley* [Testing of automobiles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1978, 199 p.
- GOST 30745—2001. Agricultural tractors. Measurement of propulsion performance characteristics. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 2002, 15 p.