

**ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ****PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS**

УДК 631.37

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-2-126-130

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ МАССЫ ГРУЗОНЕСУЩИХ ПРИЦЕПОВ  
ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА СНАБЖЕННОГО  
ДОГРУЖАЮЩИМ ТЯГОВО-СЦЕПНЫМ УСТРОЙСТВОМ****Юрий Александрович Гуськов, Андрей Александрович Галынский***Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск*

**Аннотация.** В современном сельскохозяйственном производстве существенно вырос объём транспортной работы, который выполняется тракторно-транспортными агрегатами. Это стало возможным благодаря переоснащению аграрного производства тракторами-тягачами отечественного и зарубежного производства с расширенными функциональными возможностями. В этих условиях важное значение приобретают вопросы рационального комплектования и использования тракторно-транспортных агрегатов. Расчеты показывают, что тяговые возможности тракторов-тягачей на транспортных работах могут быть реализованы при условии применения специальных устройств, обеспечивающих догрузку ведущих колес тракторов-тягачей. Особый интерес представляют устройства, установка которых не требует вмешательства в конструкцию трактора-тягача. В работе предложено аналитическое выражение для определения полной массы грузонесущих прицепов тракторно-транспортного поезда, снабженного догружающим ТСУ (тягово-сцепным устройством). Проведена оценка возможного прироста полной массы экспериментального тракторно-транспортного агрегата и величины догружающего усилия при движении по асфальту, грунтовой дороге и стерне. Применение тракторно-транспортного агрегата с ТСУ по сравнению с базовым, составленным из двух прицепов, позволяет обеспечить прирост полной массы грузонесущих прицепов поезда от 0,5 до 4,0 т. Результаты теоретических расчетов были подтверждены экспериментально путем регистрирования значений усилий на прицепном крюке трактора-тягача опытного тракторно-транспортного агрегата при перемещении по трем поверхностям движения.

Установлено, что экспериментальный тракторно-транспортный агрегат с догружающим ТСУ при загрузке до паспортной грузоподъемности прицепов из-за улучшения тягово-сцепных свойств обладает лучшей проходимостью при неблагоприятных дорожно-климатических условиях, так как имеет запас увеличения полной массы грузонесущих прицепов поезда при движении по асфальтовому покрытию на 12,9 %, грунтовой дороге – на 16,9 %, стерне – на 21,3 %.

**Ключевые слова:** догружающее усилие, тягово-сцепное устройство, тракторно-транспортный агрегат, прицеп, тракторный поезд, грузоподъемность.

**DETERMINATION OF THE TOTAL WEIGHT OF LOADING TRAILERS OF THE  
TRACTOR-TRANSPORT UNIT EQUIPPED WITH AN ADDITIONAL TOWING  
HITCHING DEVICE****Yuriy A. Guskov, Andrey A. Galynskiy***Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk*

**Abstract.** In modern agricultural production the volume of transport work, which is carried out by tractor-transport units has significantly increased. This became possible due to the re-equipment of agricultural production with traction-tractors of domestic and foreign production with expanded functionality. In these conditions the issues of rational equipment and the use of tractor-transport units are of great importance. Calculations show that the traction capabilities of traction-tractors in transport operations can be realized when special devices, which provide additional loading of the driving wheels of traction-tractors are applied. The devices, where installation does not require intervention in the design of the traction-tractor are of particular interest. The paper proposes an analytical expression for determining of the total mass of the load-carrying trailers of a tractor-transport train equipped with an additional loading towing hitch. An assessment of the possible increase in the total mass of the experimental tractor-transport unit and the value of the additional loading force when driving on asphalt, dirt road and stubble is carried out. The use of a tractor-transport unit with a trailer hitch, in comparison with the basic aggregate, made up of two trailers, makes it possible to ensure an increase in the total mass of the load-carrying trailers of the train from 0.5 to 4.0 tons. The results of theoretical calculations were confirmed experimentally by registering the values of the forces on the hook of the traction-tractor of the experimental tractor-transport unit when moving on three surfaces of movement. It has been established that an experimental tractor-transport unit with an additional towing hitch when loading up to the rated carrying capacity of trailers has better cross-country ability under unfavorable road and climatic conditions due to improved traction and coupling properties, since it has a margin of increase in the total mass of load-carrying trailers trains when moving on asphalt pavement by 12.9%, unpaved road - by 16.9%, stubble - by 21.3%.

**Key words:** additional loading force, towing hitch, tractor-transport unit, trailer, tractor-transport train, lifting capacity.

**Введение.** Задача повышения производительности в агропромышленной отрасли на основе последовательного осуществления мероприятий по комплексной механизации тесно связана с ростом объема транспортной работы, существенная доля которой направлена на реализацию технологических процессов возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. При этом средний объем перевозимых сельскохозяйственных грузов составляет от 20 до 60 тонно-километров на каждый гектар пашни.

В структуре затрат предприятия на выполнение сельскохозяйственных работ на погрузочные и транспортные работы приходится до 40% от стоимости механизированных работ, а затраты труда и энергии при этом могут составлять до 50% [4]. По данным ВИМ, в зависимости от интенсивности производства сельскохозяйственных работ и зоны использования тракторно-транспортных агрегатов нормативная потребность в транспортной технике в условных единицах составляет от 0,5 до 1,25 на каждые 100 га пашни [5].

Использование трактора-тягача в агрегате с несколькими прицепами позволяет увеличить суммарную грузоподъемность тракторно-транспортного поезда и даже при некотором снижении скорости передвижения обеспечить увеличение его производительности [6]. Известно, что допустимая полная масса грузовых емкостей при перемещении тракторно-транспортного агрегата ограничивается сцеплением движителей с поверхностью движения, с одной стороны, и максимальной движущей силой на колесах тягача, с другой [3].

На рисунке 1 схематично представлен тракторно-транспортный агрегат, снабженный догружающим тягово-сцепным устройством (ТСУ) [1]. ТСУ позволяет увеличить сцепную массу трактора-тягача. Эффект увеличения сцепной массы достигается за счет возникающей на прицепном крюке трактора-тягача вертикальной составляющей  $N$  от усилия  $P$ , необходимого для перекачивания второго прицепа при движении и передаваемого через тяговый трос прицепному устройству трактора-тягача.

**Цель работы** – получить аналитическое выражение для определения полной массы грузонесущих прицепов тракторно-транспортного агрегата с догружающим тягово-сцепным устройством.

**Методы исследований.** В транспортном положении дышло первого прицепа располагается горизонтально и если пренебречь перераспределением массы на движителе возникающее от крюкового усилия и от касательного момента на ведущих колесах, то максимальную движущую силу  $T_\phi$ , развиваемую трактором-тягачом по условию сцепления движителей с дорогой, можно будет определить по формуле [2]:

$$T = \varphi(G_{\text{сц}} + kN) = \varphi(G_T a/L + kN) \quad (1)$$

где  $\varphi$  - коэффициент сцепления движителей с дорогой;

$G_{\text{сц}}$  - сцепная масса трактора-тягача;

$G_T$  - полная масса трактора-тягача;

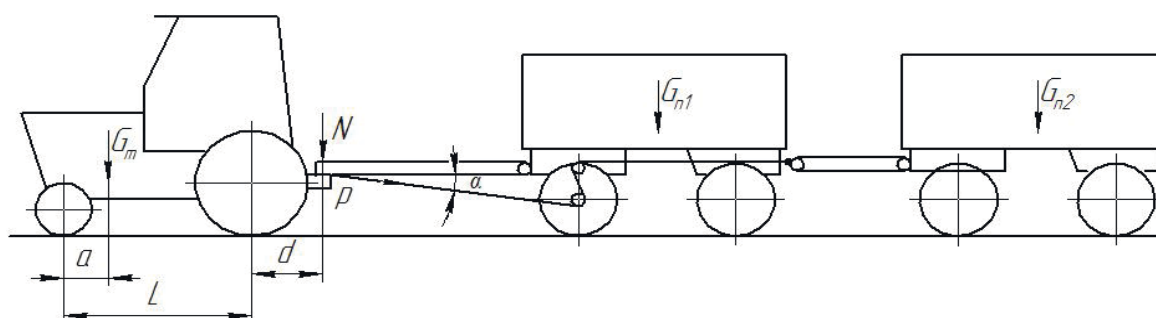
$a$  - расстояние от центра тяжести трактора-тягача до передней оси;

$L$  - база трактора-тягача;

$N$  - вертикальная составляющая усилия передаваемого через тяговый трос ТСУ сцепному устройству трактора-тягача;

$k$  - коэффициент увеличения сцепной массы от действия силы  $N$  (рис. 1).

$$k = (L+d)/L \quad (2)$$



**Рис. 1.** Тракторно-транспортный агрегат, снабженный догружающим тягово-сцепным устройством

Результаты исследований. Анализируя рисунок 1, можно заключить, что

$$N = P \sin \alpha = f_n G_{n2} \sin \alpha \quad (3)$$

Подставим (3) в уравнение (1), тогда

$$T_\phi = \varphi(G_T a/L + k f_n G_{n2} \sin \alpha) \quad (4)$$

При равномерном движении на прямолинейном и без уклонов участке дороги трактор-тягач может преодолевать сопротивление перекатыванию транспортного агрегата:

$$T_\phi \geq f_T G_T + f_n (G_{n1} + G_{n2}) \geq f_T G_T + f_n G_n, \quad (5)$$

где  $f_T$  и  $f_n$  - коэффициенты сопротивления перекатыванию трактора-тягача и грузонесущего прицепа;

$G_n$  - полная масса грузонесущих прицепов тракторно-транспортного агрегата с ТСУ.

Примем  $G_{n2} = 0,5 G_n$  и  $f_T = f_n = f$  преобразуя (4), (5), запишем:

$$\varphi(G_T a/L + 0,5 k f_n G_n \sin \alpha) = f(G_T + G_n) \quad (6)$$

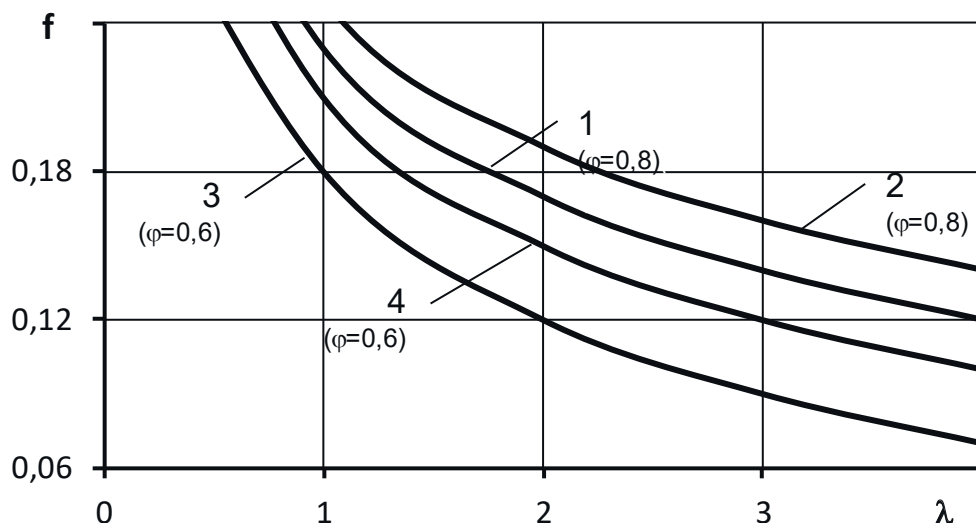
Полную массу грузонесущих прицепов, составляющих поезд с догружающим тягово-сцепным устройством, можно будет определить по формуле:

$$G_n = G_T (\varphi a / L - f) / f [1 - 0,5 k \varphi \sin \alpha] \quad (7)$$

Если тракторно-транспортный агрегат с ТСУ имеет  $m$  прицепов, полную массу грузонесущих прицепов поезда определяют по формуле:

$$G_n = G_T (\varphi a / L - f) / f [1 - (m-1) k \varphi \sin \alpha / m] \quad (8)$$

Полученное выражение позволяет построить графические зависимости (рис. 2), иллюстрирующие достигнутое увеличение грузонесущей способности тракторно-транспортного агрегата с ТСУ в сравнении с обычным тракторно-транспортным поездом с двумя прицепами, при перемещении по поверхности движения с различными значениями коэффициента сцепления  $\varphi$ .



**Рис. 2. Влияние коэффициента сопротивления перекачиванию на соотношение масс грузонесущих прицепов и трактора-тягача:**

- 1,3 – тракторно-транспортный агрегат с двумя прицепами;  
 2, 4 – тракторно-транспортный агрегат с двумя прицепами, оборудованный ТСУ

В расчетах принята масса трактора-тягача  $G_T=35\text{кН}$ , характеристика  $a/L=0,62$ , соотношение масс грузонесущих прицепов и трактора-тягача  $\lambda = G_n / G_T$ . Теоретические расчеты были проверены экспериментально, путем регистрирования значений усилий на прицепном крюке трактора-тягача опытного тракторно-транспортного агрегата при перемещении по трем поверхностям движения, результаты которых приведены ниже.

**Вывод.** Применение тракторно-транспортного агрегата с ТСУ по сравнению с базовым, составленным из двух прицепов, позволяет увеличить соотношение  $\lambda$  в условиях снижения значения коэффициента сцепления  $\phi$  и обеспечить прирост полной массы грузонесущих прицепов поезда от 0,5 до 4,0 т.

Экспериментальные исследования тракторно-транспортного агрегата, снабженного ТСУ, позволили установить, что среднее значение величины догружающего усилия на сцепное устройство трактора-тягача в зависимости от характеристики поверхности движения составляет: при перемещении по асфальтовому покрытию 2,9 кН, при движении по грунтовой дороге 3,6 кН, при движении по стерне 4,4 кН. Экспериментальный тракторно-транспортный агрегат с догружающим ТСУ при загрузке до паспортной грузоподъемности прицепов из-за улучшения тягово-сцепных свойств обладает лучшей проходимостью при неблагоприятных дорожно-климатических условиях, так как имеет запас увеличения полной массы грузонесущих прицепов поезда при движении по асфальтовому покрытию на 12,9 %, грунтовой дороге – на 16,9 %, стерне – на 21,3 %.

### Список литературы

1. А. с. (Авторское свидетельство) № 1342751, МКИ В 60Д 1/02 Тягово-сцепное устройство / Ю. Н. Блынский, Ю. А. Гуськов, С. А. Голубь, В. И. Миркитанов. – № 3930493/31-11; заявл. 12.07.1986; опубл. 07.10.1987. – Бюл. № 37.
2. Вопросы земледельческой механики. – Минск : АСХН БССР, 1961. – Т. 10. – 329 с.
3. Зангиев, А. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, А. В. Шпилько, А. Г. Левшин. – Москва : КолосС, 2013. – 320 с.

4. Кузнецов, Е. Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография / Е. Е. Кузнецов, С. В. Щитов ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2017. – 272 с.
5. Нормативы потребности АПК в технике для растениеводства и животноводства. – Москва : ВИМ, 2003.- 85 с.
6. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография / С. В. Щитов, Е. Е. Кузнецов, Е. С. Поликутина, О. А. Кузнецова ; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск : Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020. – 148 с.

### References

1. A.s. (Avtorskoe svidetel'stvo) SA (Certificate of authorship) № 1342751, MKI V 60D 1/02 Tyagovo-stsepnnoye ustroystvo (Trailer coupling), Yu. N. Blynskiy, Yu .A. Gus'kov, S. A. Golub', V. I. Mirkitanov, № 3930493/31-11, zayavl. 12.07.1986, opubl. 07.10.1987, Byul. № 37.
2. Voprosy zemledel'cheskoy mekhaniki (Agricultural mechanics issues), Minsk, ASKhN BSSR, 1961, T. 10, 329 p.
3. Zangiev, A. A., Shpil'ko, A. A., Levshin, A. G. Ekspluatatsiya mashinno-traktornogo parka (Operation of the machine and tractor fleet), Moskva, KolosS, 2013, 320 p.
4. Kuznetsov, E. E., Shchitov, S. V. Povyschenie effektivnosti ispol'zovaniya mobil'nykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdeystviya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: monografiya (Improving the efficiency of using mobile energy resources in the technology of cultivation of agricultural crops: monograph), Dal'nevost. gos. agrar. un-t, Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevost. gos. agrar. un-ta, 2017, 272 p.
5. Normativy potrebnosti APK v tekhnike dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva (Requirements of the agro-industrial complex in equipment for plant growing and animal husbandry), Moskva, VIM, 2003, 85 p.
6. Povyschenie prodol'no-poperechnoy ustoychivosti i snizhenie tekhnogennogo vozdeystviya na pochvu kolesnykh mobil'nykh energeticheskikh sredstv: monografiya (Improving longitudinal-lateral stability and reducing the technogenic impact on the soil of wheeled mobile energy facilities: monograph), S. V. Shchitov, E. E. Kuznetsov, E. S. Polikutina, O. A. Kuznetsova, Dal'nevost. gos. agrar. un-t, Blagoveshchensk, Izd-vo Dal'nevost. gos. agrar. un-ta, 2020, 148 p.

© Гуськов Ю. А., Галынский А. А., 2021

### Информация об авторах

**Гуськов Юрий Александрович**, д-р техн. наук, доцент, директор Инженерного института ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ; ул. Никитина, 147, г. Новосибирск, Россия; e-mail: nsauii@ngs.ru; тел. 8-903-903-00-78;

**Галынский Андрей Александрович**, магистрант ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ; ул. Никитина, 147, г. Новосибирск, Россия; e-mail: nsauii@ngs.ru; тел. 8-923-186-80-88.

### Information about authors

**Yuriy A. Guskov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, the Director of the Engineering Institute; Novosibirsk State Agrarian University; 147, Nikitina str., Novosibirsk Oblast, Novosibirsk, Russia; 639039; e-mail: nsauii@ngs.ru;

**Andrey A. Galynskiy**, Student of Master Program; Novosibirsk State Agrarian University; 147, Nikitina str., Novosibirsk Oblast, Novosibirsk, Russia; 639039; e-mail: nsauii@ngs.ru.