

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

---

Андрей Викторович Ворохобин

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Интенсификация сельского хозяйства предусматривает значительный рост объемов транспортных перевозок и увеличение количества транспортных средств, поэтому в сельском хозяйстве важная роль отводится транспорту. На внутрихозяйственных и технологических перевозках в большей степени заняты тракторно-транспортные агрегаты. Основным объемом транспортных работ приходится на осенне-весенний период, когда грунтовые и полевые дороги часто имеют низкую несущую способность, поэтому эффективность использования тракторно-транспортных агрегатов нередко бывает недостаточно высокой, прежде всего из-за низких тягово-сцепных свойств. Одним из перспективных направлений повышения эффективности работы тракторных транспортных агрегатов является регулирование сцепного веса. Однако существующие конструкции тягово-сцепных устройств имеют ограниченные возможности в реализации данного регулирования. Изменение сцепного веса трактора возможно только при агрегатировании полуприцепом, когда происходит перенос части веса полуприцепа на задние колеса трактора, но это увеличение сохраняется на постоянном не регулируемом из кабины трактора уровне, независимо от условий работы полуприцепного агрегата и буксования ведущих колес. Поэтому совершенствование конструкции тягово-сцепных устройств тракторов должно идти в направлении расширения их функциональных возможностей, прежде всего в направлении возможного регулирования ими сцепного веса трактора. Такое регулирование должно осуществляться за счет вовлечения в работу веса агрегируемого с трактором прицепа, и в этом случае устройство становится тягово-догружающим. Предлагается схема тягово-догружающего устройства, реализация которой позволяет снизить буксование ведущих колес трактора в зависимости от почвенного фона до 50%. При этом производительность тракторно-транспортного агрегата повышается в среднем на 17...23% и на 12...15% снижается удельный расход топлива. Сформулированы требования, которые должны предъявляться к конструкциям современных тягово-сцепных устройств.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** трактор, тракторно-транспортный агрегат, тягово-сцепное устройство, тягово-догружающее устройство, сцепной вес, регулирование.

## PERSPECTIVES FOR DESIGN DEVELOPMENT OF TRACTION DEVICES OF AGRICULTURAL TRACTORS

Andrey V. Vorokhobin

Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The intensification of agriculture provides for a significant increase in the volume of transport operations and an increase in the number of vehicles, so different transport facilities play an important role in agricultural production. Tractor-transport units are more engaged in on-farm internal and technological carriage transportations. The main volume of transport operations falls on the autumn-spring period, when natural soil and field roads often have low carrying capacity, so the efficiency of tractor-transport units is often not high enough, primarily because of the low traction properties. One of the perspective lines of an increase of efficiency of tractor-transport units is regulation of hitch weight. However, the implementation of this mode of regulation of existing designs of traction devices has limited opportunities. It is possible to change tractor's coupling weight only when at implementing aggregation with a semitrailer, when there is a transfer of semitrailer's weight on the tractor's rear wheels, but the increase is maintained at a constant level unregulated from the tractor cab regardless of the working conditions of the semitrailer unit and the slipping of the drive wheels. Therefore, the improvement of the design of tractor's traction devices should be exercised in the direction of functionalities expansion, especially in the direction of possible regulation of the tractor coupling weight. Such mode of regulation should be carried out due to involvement into work the weight of the trailer aggregated with a tractor, and in this case the device becomes traction-loading. The author presents the scheme of the traction-loading device the implementation of which allows reducing the slipping of the drive wheels of the tractor

up to 50% depending on the type of soil. At the same time, the productivity of the tractor-transport unit increases on average by 17-23%, and the specific fuel consumption decreases by 12-15%. The requirements that must be applied to the designs of modern traction devices are formulated.

KEYWORDS: tractor, tractor-transport unit, traction-coupling device, traction-loading device, coupling weight, regulation.

Одной из особенностей сельскохозяйственного производства является его пространственная рассредоточенность на огромных территориях, что приходится учитывать при выборе средств механизации производственных процессов, связанных с перемещением больших количеств технологических и эксплуатационных материалов, промежуточной и конечной продукции. В настоящее время на каждый гектар пашни приходится в среднем 40...45 тонн различных грузов [10].

Интенсификация сельского хозяйства предусматривает значительный рост объемов транспортных перевозок и увеличение количества транспортных средств [5], поэтому в сельском хозяйстве важная роль отводится транспорту: он начинает и завершает процессы производства продукции растениеводства и животноводства и осуществляет технологические связи между отдельными этапами работ.

Учитывая, что в себестоимости сельскохозяйственной продукции значительную долю составляют затраты на транспортные работы, необходимо более эффективно использовать транспортные средства. Транспортные работы выполняются тракторами и автомобилями. До 50% и более транспортных работ [1], в зависимости от региона, приходится на внутривозвращательные и технологические перевозки на расстояние до 20 км. На этих перевозках используется тракторный транспорт. Вневозвращательные перевозки на расстояние свыше 20 км выполняются, как правило, автомобильным транспортом. Большой объем внутривозвращательных транспортных работ приходится на осенне-весенний период, когда грунтовые и полевые дороги часто имеют низкую несущую способность. Поэтому эффективность использования тракторно-транспортных агрегатов (ТТА) нередко бывает недостаточно высокой, прежде всего из-за низких тягово-сцепных свойств.

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения энергонасыщенности тракторов при снижении материалоемкости, что естественно снижает их сцепной вес. Грузоподъемность тракторных прицепов при этом практически не меняется, что ведет к значительному недоиспользованию мощности двигателей. По литературным данным [4], на перевозку каждой тонны грузов прицепами ограниченной грузоподъемности перерасходуется до 0,5 кг топлива. Таким образом, из-за недостаточных тягово-сцепных свойств колесных тракторов и невозможности полной загрузки их двигателей снижаются технико-экономические показатели ТТА, в составе которых они задействованы.

Основными способами улучшения тягово-сцепных свойств и повышения проходимости колесных тракторов являются:

- увеличение сцепного веса,
- применение рациональных размеров шин и рисунка протектора,
- установление оптимального давления воздуха в шинах,
- использование всех колес трактора в качестве ведущих,
- рациональное распределение по осям эксплуатационной массы,
- увеличение опорной поверхности и эффективности сцепления ведущих колес с почвой,
- применение активных прицепов и рабочих органов сельскохозяйственных машин,
- блокировка дифференциалов ведущих колес и др. [6].

Одним из перспективных направлений повышения технико-экономических показателей тракторно-транспортного агрегата является корректирование вертикальных

нагрузок на его колеса и тем самым регулирование его сцепного веса. Этого достигают в основном за счет балластирования трактора и гидродогрузки его ведущих колес. Однако последний способ применим в основном к навесным тракторным агрегатам, а применение балласта увеличивает потери на качение и приводит к перерасходу топлива [6].

Академик И.П. Ксеневич, создавший научную школу по проблеме проектирования и построения ресурсосберегающих экологически безопасных мобильных энергетических средств, отмечал, что сцепной вес трактора должен быть регулируемым [7]. Что касается работы трактора с двухосными прицепами, то здесь возможности по изменению сцепного веса весьма ограничены, прежде всего из-за несовершенства конструкции тягово-сцепных устройств (ТСУ) тракторов.

Современные колесные сельскохозяйственные тракторы оснащаются различными видами тягово-сцепных устройств (ТСУ), обеспечивающих работу с разнообразными машинами. В обширном перечне сельскохозяйственных машин значительная доля приходится на прицепные и полуприцепные машины. Особенностью агрегатирования таких машин посредством ТСУ является их соединение только в одной точке, т. е. само устройство обеспечивает помимо сцепления (соединения) трактора и прицепа функцию его тяги (перемещения). Отсюда и название – тягово-сцепное.

На современные тракторы устанавливаются следующие устройства:

- ТСУ-1, или тяговая вилка, обеспечивающая возможность агрегатирования трактора с двухосными прицепами и прицепными машинами;
- ТСУ-2, или гидрофицированный крюк, обеспечивающий агрегатирование трактора с полуприцепами;
- ТСУ-3, или буксирное устройство, позволяющее работать трактору в агрегате с двухосными прицепами на повышенных скоростях движения (рис. 1).

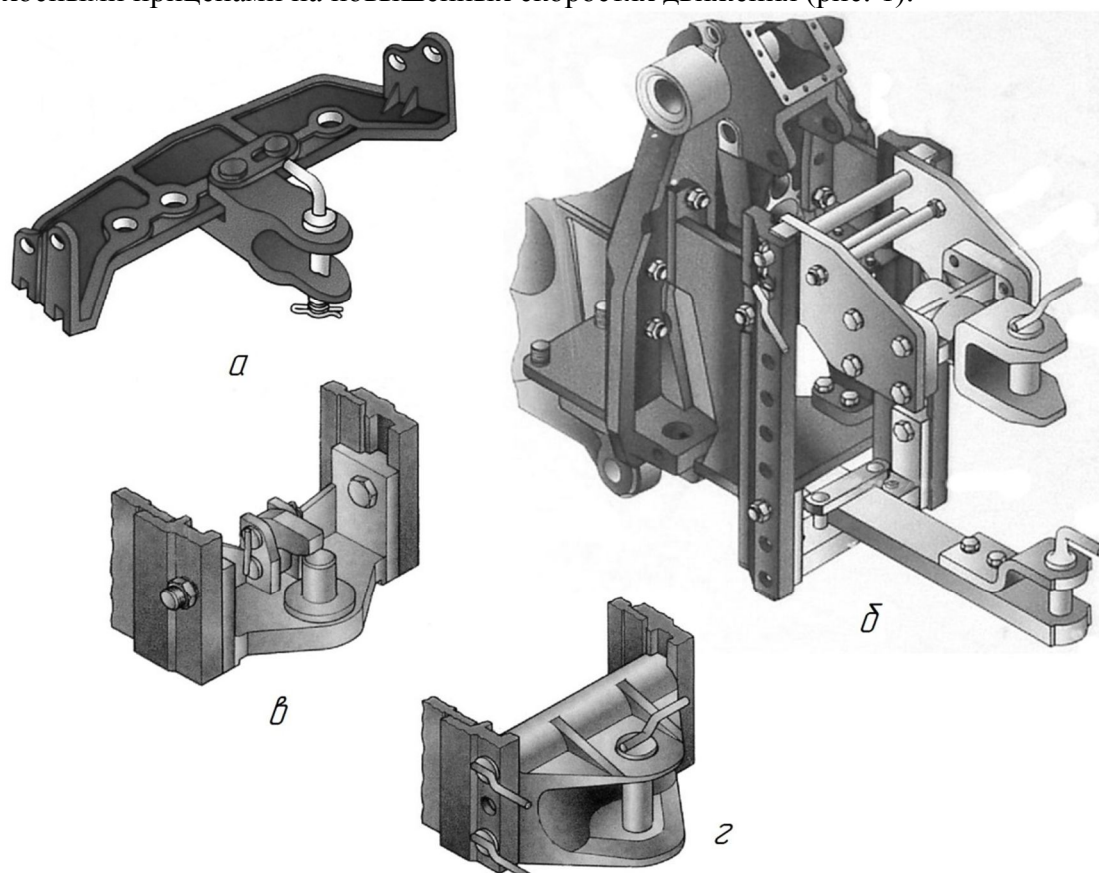


Рис. 1. Разновидности тягово-сцепных устройств современных тракторов: а – ТСУ-1; б – ТСУ лифтового типа; в – устройство типа «Питон» (ТСУ-2Р); г – разновидность тяговой вилки

Кроме того, многие отечественные и зарубежные тракторы оснащаются универсальным тягово-сцепным устройством лифтового типа, которое позволяет присоединять к трактору полуприцепы, двухосные прицепы, прицепные и полуприцепные сельскохозяйственные машины.

Тягово-сцепное устройство лифтового типа включает в себя буксирную вилку (ТСУ 3В), предназначенную для работы с двухосными прицепами, тяговую вилку (ТСУ-2В) – для работы с одноосными прицепами и полуприцепными сельскохозяйственными машинами, тяговый брус (ТСУ-1М-01) – для присоединения к трактору тяжелых прицепных и полуприцепных сельскохозяйственных машин и устройство типа «Питон» (ТСУ-2Р), которое устанавливается вместо тягового бруса и предназначено для присоединения к трактору одноосных прицепов и полуприцепных сельскохозяйственных машин [8, 9].

На основании представленного выше описания серийных тягово-сцепных устройств можно сделать вывод, что применительно к работе трактора в агрегате с двухосными прицепами эти устройства имеют ограниченные возможности в отношении изменения сцепного веса, и все они выполняют в основном функции соединения и перемещения. Изменение сцепного веса трактора возможно только при агрегатировании им полуприцепов, например, посредством ТСУ-2 (гидрофицированный крюк) или ТСУ-2В (тяговая вилка). При таком варианте агрегатирования происходит перенос части веса полуприцепа на задние колеса трактора. В этом случае сцепной вес трактора увеличивается, но это увеличение сохраняется на постоянном не регулируемом из кабины трактора уровне, независимо от условий работы полуприцепного агрегата и буксования задних ведущих колес [2].

В руководствах по эксплуатации современных сельскохозяйственных тракторов содержатся требования, которые предъявляются к тягово-сцепным устройствам тракторов и соединительным устройствам машин:

- наличие совместимости по присоединительным размерам;
- машины должны иметь жесткие прицепные устройства;
- дышла прицепов должны быть оборудованы устройством, облегчающим сцепку-расцепку с тягово-сцепными устройствами трактора;
- прицепные устройства полуприцепов и полуприцепных машин должны иметь регулируемую опору и др. [8, 9].

Однако в данном перечне нет требования, которое связано с возможным регулированием сцепного веса трактора.

Таким образом, применительно к тракторно-транспортным агрегатам функциональные возможности серийных конструкций тягово-сцепных устройств ограничены в основном функцией тяги (перемещения). Поэтому совершенствование конструкции тягово-сцепных устройств современных тракторов должно идти в направлении расширения их функциональных возможностей, прежде всего в направлении возможного регулирования ими сцепного веса трактора. Причем данное регулирование должно осуществляться за счет вовлечения в работу веса агрегируемого с трактором прицепа.

Другими словами, тягово-сцепное устройство дополнительно может выполнять функцию догрузки ведущих колес трактора за счет веса агрегируемого с ним прицепа. Такое устройство можно назвать тягово-догружающим. Оснащение транспортных агрегатов подобными устройствами представляется перспективным, т. к. они позволят улучшить их технико-экономические показатели, что, в свою очередь, положительно скажется на производственных показателях.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема одного из вариантов тягово-догружающего устройства, иллюстрирующая принцип его работы.

Тягово-догружающее устройство (ТДУ) состоит из тяговой 1 и догружающей 2 связи трактора с прицепом или прицепной машиной, причем тяговая связь осуществляется за счет соединения дышла прицепа с заблокированным от вертикальных перемещений гидрофицированным крюком (ТСУ-2), а догружающая связь – за счет гибкой подпружиненной связи специальной поперечины, соединяющей концы нижних тяг навески трактора с передней частью прицепа. Регулирование сцепного веса трактора в зависимости от требуемой его тяговой силы и буксования ведущих колес может осуществляться изменением по высоте поперечины нижних тяг и предварительного натяжения пружины догружающей связи.

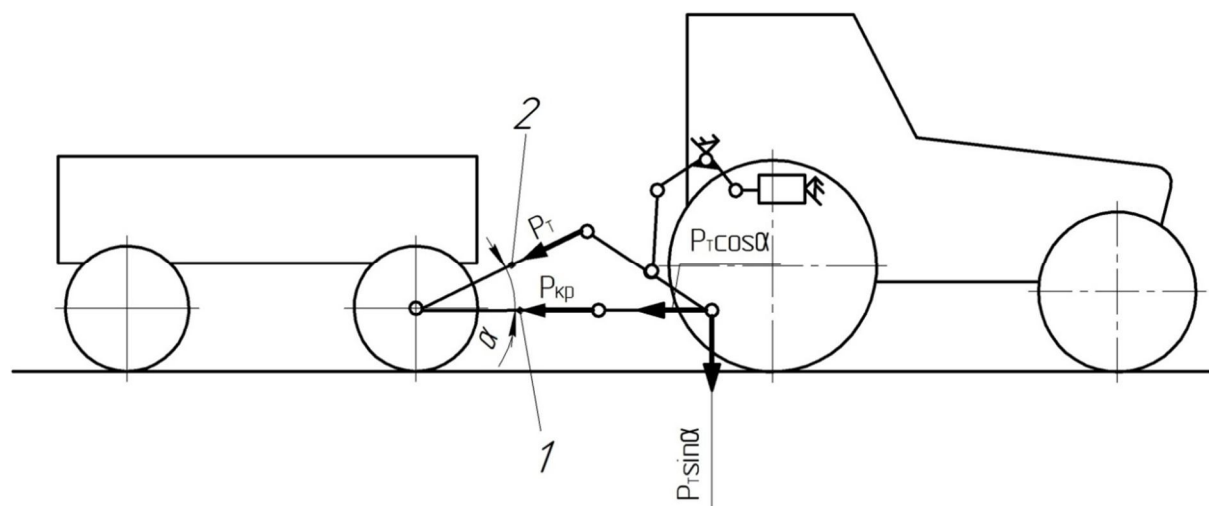


Рис. 2. Принципиальная схема тягово-догружающего устройства

Усилие в догружающей силовой связи 2 раскладывается на две составляющие. Вертикальная ( $P_T \sin \alpha$ ) является той частью веса, которая переносится с прицепа на трактор, а горизонтальная уменьшает усилие  $P_{кр}$  в тяговой силовой связи 1 на величину  $P_T \cos \alpha$ , т. е. уровень догрузки ведущих колес трактора можно регулировать либо за счет изменения усилия  $P_T$  в догружающей силовой связи, либо за счет изменения угла  $\alpha$  ее наклона. Причем процесс регулирования сцепного веса трактора с применением тягово-догружающего устройства может быть автоматизирован путем использования системы автоматического регулирования навески трактора. Например, срабатывание догружающей связи может происходить по сигналу от управляющего датчика, например датчика буксования ведущих колес. При повышении буксования свыше допустимого предела этот датчик подает сигнал в электронный блок управления, который, в свою очередь, управляет электрогидравлическим распределителем навесного устройства трактора. Электрогидравлический распределитель по сигналу от электронного блока управления создает давление масла в гидроцилиндре и этим увеличивает усилие в догружающей связи. По мере снижения буксования ведущих колес трактора усилие в догружающей силовой связи уменьшается до заданного настройкой уровня. Методика оценки эффективности использования тягово-догружающего устройства приведена в работе [3].

Результаты проведенных испытаний тягово-догружающего устройства, выполненного по схеме, представленной на рисунке 2, показали его высокую эффективность. Предлагаемое ТДУ обеспечило регулирование сцепного веса трактора в широком диапазоне, а также снижение буксования ведущих колес трактора в зависимости от почвенного фона до 50%. При этом производительность тракторно-транспортного агрегата повысилась в среднем на 17...23% и на 12...15% снизился удельный расход топлива. Ухудшения управляемости транспортного агрегата при работе тягово-догружающего устройства не наблюдалось.

Таким образом, можно сформулировать требования, которые должны предъявляться к конструкциям современных тягово-сцепных устройств.

1. Тягово-сцепное устройство помимо функции соединения и перемещения должно реализовывать функции либо догрузки, либо возможного переноса части веса агрегируемого прицепа или прицепной машины на ведущие колеса трактора, регулируя тем самым его сцепной вес.

2. Процесс регулирования сцепного веса должен осуществляться автоматически с учетом дорожно-полевых условий и режима работы агрегата, при этом не допускается ухудшение управляемости трактора, превышение допустимой нагрузки на шины трактора в соответствии с их грузоподъемностью, а также чрезмерное уплотнение почвы.

3. Тягово-догружающее устройство должно быть простым, рентабельным по выполнению, монтажу и настройке, с незначительными изменениями в конструкции механизма навески трактора и дышла прицепа.

Реализация предлагаемых направлений позволит расширить функциональные возможности тягово-сцепных устройств, а вместе с этим повысить эксплуатационные показатели тракторно-транспортных агрегатов.

### Библиографический список

1. Бочаров А.В. Повышение тягово-сцепных свойств прицепного транспортного агрегата за счет автоматической гидродогрузки задних колес трактора : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А.В. Бочаров. – Воронеж, 2000. – 146 с.
2. Гребнев В.П. Эффективность корректирования вертикальных нагрузок на колеса полуприцепных тракторно-транспортных агрегатов / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин, О.Г. Подорванова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2013. – № 3. – С. 56–63.
3. Гребнев В.П. Эффективность оборудования колесных тракторов тягово-догружающим устройством / В.П. Гребнев, А.В. Ворохобин // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 8. – С. 9–11.
4. Измайлов А.Ю. Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве / А.Ю. Измайлов // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 2. – С. 8–10.
5. Измайлов А.Ю. Технологии и технические решения по повышению эффективности транспортных систем АПК / А.Ю. Измайлов. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 200 с.
6. Климанов А.В. Улучшение тягово-сцепных и агротехнических свойств тракторов : учеб. пособие для студентов вузов по специальности «Механизация сельского хозяйства» / А.В. Климанов. – Самара : Самарская ГСХА, 2001. – 71 с.
7. Ксеневиц И.П. Об оптимальной массе трактора / И.П. Ксеневиц // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1988. – № 12. – С. 5–8.
8. Тракторы Беларус-1522/1522В, Беларус-1523/1523В. Руководства по эксплуатации. Ответственный редактор – директор научно-технического центра, генеральный конструктор Усс И.Н. – Минск : РУП «Минский тракторный завод», 2009 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcgrp.ru/files/viewer/156354/2> (дата обращения: 12.08.2019).
9. Тракторы Беларус-3222/3522. Руководства по эксплуатации. Ответственный редактор – главный конструктор тракторного производства ПО «МТЗ» Стасилевич А.Г.; главный редактор – генеральный конструктор ПО «МТЗ» Усс И.Н. – Минск : РУП «Минский тракторный завод», 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mcgrp.ru/files/viewer/156420/2> (дата обращения: 12.08.2019).
10. Шалягин В.И. Транспортные и транспортно-технологические средства повышенной проходимости. Теория рабочих процессов и систем проектирования / В.И. Шалягин. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 254 с.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

#### Принадлежность к организации

Андрей Викторович Ворохобин – кандидат технических наук, доцент кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: [dogruzka@rambler.ru](mailto:dogruzka@rambler.ru).

Дата поступления в редакцию 09.11.2019

Дата принятия к печати 16.12.2019

### AUTHOR CREDENTIALS

#### Affiliations

Andrey V. Vorokhobin, Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Agricultural Machinery, Tractors and Cars, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: [dogruzka@rambler.ru](mailto:dogruzka@rambler.ru).

Received November 09, 2019

Accepted after revision December 16, 2019