

УДК 629.114.01

**К ВЫБОРУ МОДУЛЬНОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДА
ОБЪЕДИНЕННОЙ ХОДОВОЙ СИСТЕМЫ
МАШИННОГО ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**

Таяновский Г.А., к.т.н., доцент, Ширяев Д.А.,
Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Беларусь

Войтех Танась, д.т.н., проф.,

Естественный Университет в Люблине

г. Люблин, Польша

Tayanousky G.A., Ph.D.in Engineering, Associate Professor,

Shirajev D.A, engineer,

Belarusian national technical University,

Minsk, Belarus

Wojciech Tanas, dr. hab. inz., prof., University of Life Sciences in

Lublin, Poland

ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс в области сельскохозяйственного транспортного машиностроения характеризуется ростом энергонасыщенности тракторов, полезной нагрузки агрегатов, рабочих скоростей движения, тенденциями к модульному исполнению функциональных частей агрегатов, реализацией единых систем, агрегатных блоков, узлов, прицепного состава к тракторам и автомобилям сельскохозяйственной специализации.

В связи с повышением удельной мощности колесных тракторов в рамках неизменных тяговых классов обострилась проблема загрузки их двигателей на транспорте. Загрузка двигателей энергонасыщенных тракторов по мощности на транспорте в составе традиционных по схеме агрегатов, как показывает практика, не превышает 50-65 %, что приводит к значительному снижению экономичности работы трактора, его показателей (до показателей тракторов малой удельной мощности), производительности, увеличению удельных расходов топлива, материалоемкости []. Цель работы – показать необходимость и целесообразность совершенствования систем агрегатирования трактора с прицепом, синтеза новых конструктивных схем

сельскохозяйственных транспортных агрегатов, обеспечивающих существенное повышение их тяговых показателей.

УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА К ПРИМЕНЕНИЮ АКТИВНЫХ ПРИЦЕПОВ ДЛЯ АГРЕГАТИРОВАНИЯ С ТРАКТОРАМИ

С увеличением массы полноприводного трактора (его сцепного веса) и тягового усилия снижается производительность агрегата на единицу массы и растут затраты на его изготовление и эксплуатацию. Эффективность догрузки колес трактора частью нагрузки от агрегируемых с ним машин ограничена грузоподъемностью и тягово-сцепными свойствами шин трактора при повышении их догрузки [1].

Несоответствие высокой энергонасыщенности трактора и его производительности в составе агрегатов традиционного построения устраняется путем реализации тягово-приводной концепции трактора [2, 3].

Для обоснования границ перехода к созданию тракторных прицепов с приводом колес от двигателя высокоэнергонасыщенного трактора получены аналитические выражения зависимостей предельной массы активного тракторного поезда, грузоподъемности прицепа с приводом колес, потребной относительной сцепной нагрузки и достижимой производительности тракторного поезда от энергонасыщенности и массы трактора, загрузки двигателя по мощности, суммарного дорожного сопротивления и других факторов:

$$m_a = \mathcal{E}_T \cdot k_P \cdot \eta_M \cdot (1 - \delta) \cdot m_T / (v \cdot \psi \cdot g); \quad (1)$$

$$m_{ГР} = \left(\frac{\mathcal{E}_T \cdot k_P \cdot \eta_M \cdot U_{ГР}}{g \cdot \psi \cdot r_k^o \cdot (\omega_{x.max} - \beta \cdot k_P)} - 1 \right) \cdot m_T - m_{II}; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j = \mathcal{E}_T \cdot k_P \cdot \eta_M \cdot (1 - \delta) \cdot m_T / (v \cdot k_{\Sigma} \cdot \delta \cdot g); \quad (3)$$

$$W = \mathcal{E}_T \cdot k_P \cdot \eta_M \cdot (1 - \delta) \cdot m_T \cdot k_{ГР} / (\psi \cdot g), \quad (4)$$

где T_a - полная масса активного тракторного поезда; \mathcal{E}_T - энергонасыщенность трактора; K_P - коэффициент загрузки двигателя по мощности; η_M - КПД трансмиссии активного тракторного поезда; δ - буксование колес движителя; m_T - масса трактора; V - действительная скорость движения; ψ - суммарный коэффициент дорожного сопротивления; g - ускорение свободного падения; T_{GP} - масса груза в активном прицепе; U_{TP} - передаточное отношение трансмиссии от двигателя трактора до колес основного ведущего моста; r_k^o - радиус качения колес основного ведущего моста трактора в ведомом режиме; $\omega_{x.max}$ - максимальная угловая скорость вращения вала двигателя на холостом ходу; β - коэффициент аппроксимации внешней скоростной характеристики двигателя; m - количество ведущих мостов активного тракторного поезда; λ_j - удельная (приходящаяся на единицу массы трактора) нормальная нагрузка на j -е ведущее колесо движителя; K_Σ - коэффициент, характеризующий взаимосвязь реализуемого коэффициента сцепления ведущих колес движителя с их буксованием; K_{GP} - отношение массы груза к полной массе активного тракторного поезда; T_{II} - масса порожнего прицепа.

Из анализа выражений (1)-(4) следует, что чем больше энергонасыщенность, загрузка двигателя трактора и чем меньше буксование колес движителя, тем больше производительность активного тракторного поезда, его предельная полная масса, потребная относительная сцепная нагрузка и необходимое количество ведущих мостов агрегата. С возрастанием скорости и сопротивления движению предельная масса активного тракторного поезда уменьшается.

Из выражения (3) можно определить граничные значения показателей энергонасыщенности трактора, при превышении которых необходимо активизировать колеса прицепов. При этом следует учитывать, что

1) грузоподъемность шин полноприводного трактора (в составе

поезда) определяет ограничение $\sum_{j=1}^2 \lambda_j = 1,2-1,3$;

2) для современных тракторов $\eta_M = 0,87-0,95$;

3) целесообразно поддерживать значения K_P в пределах 0,85-0,9;

4) скорость движения в тяжелых дорожных условиях, принятых в качестве базовых при обосновании параметров штатных прицепов и характеризующихся $\psi = 0,12-0,24$, не превышает 2,2-2,8 м/с [];

5) с точки зрения снижения энергетических потерь и повреждаемости почвы работа ведущих колес сельскохозяйственных тракторов с буксованиями, превышающими 0,2 нецелесообразна [1];

6) современные тракторные шины в указанных выше дорожных условиях, как следует из анализа тяговых характеристик тракторов, обеспечивают $K_{\Sigma} = 2,2-2,65$ [2, 3].

Расчеты показывают, что граница перехода от традиционных к активным тракторным поездкам определяется их энергонасыщенностью 18,7-21,4 кВт/т.

Таким образом, поскольку разрабатываемые и перспективные сельскохозяйственные колесные тракторы практически соответствуют указанной энергонасыщенности, эффективное и полное использование их при дальнейшем ее повышении возможно только при работе с активным прицепом или прицепами.

Представляет практический интерес установление необходимого количества ведущих колес активного прицепа или потребной сцепной нагрузки движителя активного тракторного поезда при заданной энергонасыщенности трактора с учетом ограничений производительности агрегата по двигателю и по

сцеплению. Их сцепной вес становится «ограничителем» максимально возможной грузоподъемности прицепа. Поэтому опять необходимо искать резервы. И такие «малые» резервы состоят в догрузке трактора либо балластными грузами (экстенсивный путь развития), либо в переносе части веса прицепа на колеса трактора за счет различных догружающих дышл, гидродогрузателей и т.п. Однако практический запас грузоподъемности колес трактора обычно кардинально решить проблему не позволяет. Выход в задействовании «больших» резервов – в использовании сцепного веса колес самого прицепа для создания необходимой дополнительной тяги, путем превращения их в ведущие. Для этого разработано и запатентовано большое число различных вариантов приводов так называемых активных прицепов.

Для новых колесных тракторов $\mathcal{E}_T = 22-28$ кВт/т. Согласно

формуле (3), для них $\sum_{j=1}^T \lambda_j = 1,64-2,08$. Это означает, что для

реализации потенциальных энергетических возможностей готовящихся к производственному выпуску высокоэнергонасыщенных тракторов на прицепе, предназначенном для агрегатирования с таким трактором достаточно иметь один ведущий мост.

Исследование, проведенное на основании формул (1) - (4) показало, что максимальная загрузка двигателя тракторакласса 2 при работе с пассивным прицепом не превышает 63 % при схеме трактора 4К4 и допустимой догрузке его колес частью нагрузки от полунавесного прицепа. При этом полная масса прицепа не должна превышать 13 т при $\psi = 0,18$. В случае активизации колес подкатной тележки полунавесного прицепа и обеспечения загрузки двигателя, равной 80 %, масса груженого активного прицепа в тех же дорожных условиях не должна превышать 19,5 т. В силу наличия резерва мощности двигателя трактор с таким прицепом может преодолевать участки с суммарным дорожным сопротивлением $\psi = 0,20$ (расчетное значение $\psi = 0,18$). Расчеты показали, что в тракторном поезде 4К4+4К2 (1110) имеется

существенный резерв по сцеплению ведущих колес агрегата даже при полном использовании мощности двигателя.

Учеными БНТУ обоснованы параметры объединенного движителя выпускающегося лесохозяйственного форвардера с активным полуприцепом, предназначенного для работы под пологом леса, разработаны технические решения комплекса торфяных тракторных агрегатов на базе колесных тракторов с приводом колес технологических прицепов, проведены полевые испытания экспериментального образца запатентованного универсального активного оборотного автотракторного прицепа, позволяющего агрегатироваться как с трактором, так и с автомобилем-тягачем, что устраняет необходимость перегрузки груза при его доставке вначале в составе тракторного поезда по бездорожью, а затем автопоездом с выездом на дороги общего назначения и движением с большей скоростью.

На основе приведенных результатов проводятся работы по обоснованию средств активизации ходовых систем для комплекса машинных тракторных агрегатов на базе тракторных шасси для механизации уборки на топливную щепу быстрорастущих растений на выработанных торфяно-болотных почвах в хозяйствах ПНР, где такие экологические технологии получают значимое развитие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наибольшее распространение при активизации тракторных прицепов различного назначения получило направление по разработке средств оперативной активизации в виде активных подкатных поворотных тележек сдвоенных (полунавесных) полуприцепов и присоединяемого привода штатных неповоротных тележек с тандемными балансирными колесами. Учеными Белорусского национального технического университета (БНТУ) разработаны теоретические основы агрегатирования активных транспортных поездов, разработаны и запатентованы многие технические решения средств оперативной активизации колесных прицепов.

Сейчас сложились условия, в которых количественный рост изобретательских предложений перешел в качество отработанных технических решений, в результате чего применение активных прицепов становится актуальным и экономически оправданным.

Расширяется спектр их применимости, о чем свидетельствует возросший интерес производителей специальной автотракторной, технологической сельскохозяйственной, торфяной, горной и т.п. техники к созданию прицепов и прицепного рабочего оборудования с активными рабочими органами и с ведущими колесами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов В.В. Тракторы: Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В. В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с., ил.
2. Tajanowskij G., Tanas W. The Estimation of distribution of traction forces on wheels of multibridge traction means. MOTROL. Motorization and power industry in agriculture. Polish Academy of Sciences Branch in Lublin. V6. Lublin, 2004.
3. G, Tajanowskij, W, Tanas, A, Kalina. Mathematical model of harvest combine for deception fuel chips from fast-growing plants/ Jornal/ Teka commission of motorization and power industry in agriculture/ Polish Academy of sciences branch in Lublin, 2008. Volume 8, page 267-276/