

правлении гибким нерастяжимым кордом, планки придают ленте необходимую поперечную жёсткость, препятствующую загибанию её краёв на слабонесущих грунтах и, тем самым, повышающую проходимость движителя и снижающую пиковые опорные давления (согласно изобретению [3]). Натяжной ролик диаметром 250 мм, снабжённый шиной атмосферного давления, располагается в верхней зоне межколёсного пространства и огибается гусеничной лентой снизу.



Рис. 3. Испытания тандем-колёсных гусеничных движителей на машине для внесения органических удобрений ПРТ-10А в агрегате с универсально-пропашным трактором МТЗ-82.

Испытания подтвердили высокую работоспособность представленного (рис. 3) макетного образца тандем-колёсного гусеничного движителя, в самых различных дорожных и внедорожных условиях. Снижение пиковых значений опорных давлений при этом составило 50-70 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жданович Ч.И., Бойков В.П. Ходовые системы для повышения проходимости и снижения воздействия на почву тракторов и сельскохозяйственных машин. Мн.: БелНИИНТИ, 1990. – 35 с. 2. А. с. 1781120 (СССР). Ходовая часть транспортного средства. 3. А. с. 1835736 (СССР). Эластичная гусеница.

УДК 621.114.592

П.В.ЗЕЛЁНЫЙ, канд. техн. наук (БГПА)

### **О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАХ И ТЕХНИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЯХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИНОТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

В отличие от требований безопасности дорожного движения, специфика требований сельскохозяйственного производства к управлению мобильными средствами механизации более разнообразна и включает

первые. Это удовлетворение выполняемому технологическому процессу (точному вождению в условиях междурядий или узких проходов между кормушками), обеспечение высокого быстродействия рулевого управления и вписываемости коридора криволинейного движения агрегата в те или иные стеснённые условия (в полосу разворотов на загонах или в ограниченное свободное пространство помещений животноводческих ферм). Зачастую, и то, и другое необходимо одновременно, для мобильных сельскохозяйственных средств механизации универсального назначения. При всём при этом должна обеспечиваться и высокая безопасность дорожного движения агрегата, и нередко в общем транспортном потоке, что связано как с необходимостью переездов сельскохозяйственных агрегатов с одного поля на другое, так и в связи с прямым их использованием в качестве транспортных средств.

С точки зрения технологии сельскохозяйственного производства необходимо обеспечивать работу рулевого управления машинотракторного агрегата (МТА) в двух режимах: точностном – для сохранения устойчивости траектории движения (преимущественно прямолинейной), и быстродействующем – для выбора диапазона поворота направляющих колёс (излома рамы у шарнирно-сочленённых агрегатов) в короткий промежуток времени. Во втором случае не столь важны показатели точности вождения, сколь соответствие необходимого быстродействия управления возможностям среднестатистического водителя. В противном случае коридор криволинейного движения агрегата может не вписаться в стеснённые условия помещений животноводческих ферм, а при переориентации движения агрегата на загонах придётся снижать скорость его движения.

Основной принцип, которому отвечают конструкции существующих рулевых управлений транспортных средств, – обеспечение равновесного состояния механической системы в положении, соответствующем прямолинейному движению машины. Облегчая необходимые для поддержания такого движения усилия на задающем органе (рулевом колесе), принцип уравнивания действующих на левое и правое колёса моментов является причиной самопроизвольных колебаний колёс в пределах зазоров и податливостей в рулевом механизме, поскольку такое уравнивание возможно чисто теоретически из-за постоянно изменяющегося случайным образом сопротивлению направляющих колёс по микрорельефу опорной поверхности (для ведущих колёс – касательных сил тяги). Создание рулевых механизмов, не обладающих зазорами и податливостями, встречает на своём пути труднопреодолимые препятствия технического характера, осо-

бенно в виду сложности обеспечения поддержания беззазорности рулевого механизма в процессе эксплуатации.

Наличие зазоров и податливостей, в пределах которых направляющие колёса предоставлены самим себе, нарушает связь последних с рулевым колесом при прямолинейном движении, в поисках которой водитель должен беспрестанно «шевельнуть» рулём то в одном, то в другом направлении, дополнительно напрягая органы чувств и дополнительно утомляясь. Предоставленные самим себе в некотором диапазоне направляющие колёса обуславливают зигзагообразный характер траектории прямолинейного движения агрегата, усложняя действия водителя по его поддержанию и ухудшая качество выполняемого технологического процесса (например, междурядной обработки пропашных культур).

Второй недостаток существующих рулевых управлений сельскохозяйственных тракторов связан с постоянством передаточного отношения рулевого механизма, заложенным конструктивно, составляющим от 3 до 5. При большем передаточном отношении затрудняются действия водителя по обеспечению вписываемости криволинейного коридора движения агрегата в стесненные условия (в полосу разворота на загоне или внутри помещений животноводческих ферм), когда диапазон поворота направляющих колёс используется почти полностью то в одном, то в другом направлении. Водитель, обеспечивая высокую скорость вращения рулевого колеса, переутомляется. Он вынужден снижать скорость трактора или переходить на сложное маневрирование, что вызывает дополнительные потери времени.

Один из путей повышения степени соответствия рулевых управлений тракторов сельскохозяйственного назначения комплексу требований технологии выполняемых ими разнообразных операций – создание многорежимного рулевого механизма. Основные режимы его работы должны включать точностной, высокоскоростной (быстродействующий) и некоторый третий, сочетающий оба первых. При точностном режиме управления по прямолинейным траекториям следует обеспечивать по возможности прямую связь рулевого колеса с направляющими колёсами при минимальном количестве передающих звеньев и их передаточном отношении, близком к единице. Поскольку момент сопротивления повороту колёс в их положениях, близких к нейтральному, незначителен, то необходимые для этого усилия на рулевое колесо не будут превышать допустимые у тракторов классов 0,6...1,4, что позволяет осуществить описанный режим управления по безусилительной схеме.

Для обеспечения высокого быстродействия рулевого управления необходимо также снижать передаточное отношение рулевого механизма, однако подключение гидроусилителя в этом случае является обязательным, так как при значительном отклонении направляющих колёс от нейтрального положения в процессе изменения направления движения агрегата сопротивление повороту колёс, как известно, резко возрастает.

В третьем режиме работы рулевого управления тракторов должны обеспечивать точность и быстродействие, достаточные для безопасного вождения агрегата в транспортном режиме. Как показал предварительный анализ, существующие рулевые управления удовлетворяют именно этому последнему режиму. Здесь сказывается аналогия их принципиального устройства с рулевым управлением автомобилей. В частности, для тракторов характерно приблизительно такое же передаточное отношение рулевого механизма, хотя специфика их движения при выполнении сельскохозяйственных технологических операций разнообразнее. Поэтому представляется целесообразным обеспечивать легкий переход рулевых управлений тракторов из режима в режим. Необходимость в таком переходе диктуется, например, особенностями движения агрегата в полевых условиях, когда прямолинейное движение рабочего хода по следу маркера или в междурядьях тут же сменяется на криволинейное движение на загоне для переориентации агрегата на выполнение рабочего хода в обратном направлении и т.д.

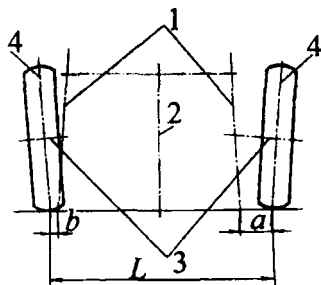


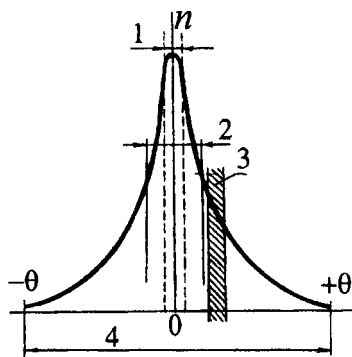
Рис. 1. Схема обеспечения неравенства плеч обката  $a$  и  $b$  направляющих колёс трактора: 1 – геометрические оси цапф (шкворней); 2 – след продольной плоскости симметрии трактора; 3 – геометрические оси вращения колёс; 4 – следы продольных плоскостей симметрии колёс;  $L$  – колея

Вторым направлением совершенствования рулевых управлений тракторов сельскохозяйственного назначения является отказ от принципа уравнивания моментов от сил сопротивления качению колёс на рулевой трапеции, недостижимому в действительности. Напротив, необходимо создать условия для заведомо асимметричного нагружения колёс этими моментами. Наиболее просто реализовать такое нагружение путём изменения установочных параметров колёс с целью обеспечения неравенства плеч обката (рис. 1). Моменты от сил сопротивления качению на таких плечах,

действуя в противоположных направлениях, не уравнивают друг друга. В результате вся механическая система, включая рулевую трапецию и сошку, должна поворачиваться по направлению действия большего момента. От этого она удерживается водителем, который создаёт на рулевом колесе момент противоположного направления. Благодаря такому уравниванию результирующего момента от сил сопротивления качению колёс все зазоры и податливости в сопрягаемых звеньях рулевого механизма будут постоянно выбранными, а у водителя улучшится «чувство дороги», направляющие колёса не будут иметь возможности непредсказуемо рыскать в пределах зазоров.

Поскольку, помимо упомянутых моментов, на направляющие колёса действуют ещё и восстанавливающие моменты, возрастающие по мере отклонения колёс от нейтрального положения, то в некотором их положении восстанавливающие моменты уравнивают первые, заложенные конструктивно, и влияние зазоров и податливостей на управление вновь начнет проявляться. Однако на точность поддержания прямолинейного движения рабочих ходов их влияние при достаточном неравенстве плеч обката сказываться не будет. Эти зазоры окажутся за пределами зоны поворотов направляющих колёс, используемой при прямолинейном движении (рис. 2).

Рис. 2. Распределение частоты  $n$  поворотов направляющих колёс в различных диапазонах при поддержании прямолинейного движения рабочего хода агрегата: 1 – недопустимая с точки зрения точности вождения по прямолинейной траектории зона расположения шнуров и податливостей в рулевом управлении; 2 – диапазон поворотов направляющих колёс, используемый при точном вождении по прямолинейной траектории; 3 – допустимая зона расположения зазоров, расположенная за пределами диапазона поворота колёс, используемого при прямолинейном движении; 4 – полный диапазон поворотов направляющих колёс относительно нейтрального положения (от  $-θ$  до  $+θ$ )



Предварительно рассчитано, что у отечественных тракторов класса 0,6...1,4 неравенство действующих на направляющие колёса моментов не нарушается условиями предстоящей эксплуатации в требуемом для поддержания прямолинейного движения агрегата диапазоне их поворотов (до 12 град) при неравенстве плеч обката от 0,005 до 0,05 м. Хотя при этом водитель и вынужден постоянно прикладывать некото-

рое усилие к рулевому колесу даже при удержании направляющих колёс в нейтральном положении, ослабление напряжения его органов чувств ожидается получить за счёт того, что в этом случае ему неизвестна только величина уравнивающего усилия, в то время как традиционно ему ещё не было известно и направление действия прикладываемого усилия. Другими словами, снимается фактор ожидания. Водитель знает, куда действует момент, стремящийся повернуть рулевое колесо, и уравнивает его в соответствии с осязаемыми на нём реакциями. Необходимость в беспрестанном «шевелении» рулевого колеса в поисках обратной связи в пределах зазоров при прямолинейном движении отпадает, снижая психофизическое напряжение водителя и повышая точность вождения агрегата.

*УДК 629.114.3-592*

А.И.САФОНОВ, канд. техн. наук (БГПА)

## **МЕТОДИКА ДОРОЖНЫХ И СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРОЛЛЕЙБУСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЯГОВЫХ И ТОРМОЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

На стадии производственных испытаний и доводки новой техники в целом и троллейбусов в частности существенное значение имеет снятие технических характеристик систем в реальных условиях. От этого во многом зависит эффективность создаваемой техники. В свою очередь, точность и достоверность этих характеристик во многом определяется возможностями используемой измерительной аппаратуры, а также методикой испытаний, адекватно отражающей все характерные режимы эксплуатации.

Настоящая методика определяет объем дорожных и стендовых испытаний пассажирских троллейбусов с электронным управлением тяговым асинхронным электродвигателем переменного тока и оборудованных антиблокировочной системой (АБС) тормозов. Целью испытаний является оценка влияния тягового электродвигателя и его системы управления, а также трансмиссии и пневматического тормозного привода на эффективность и качество процессов разгона и торможения троллейбуса при использовании рабочей и вспомогательной тормозных систем.

Предусмотренные методикой испытания предполагают решение следующих задач: определение основных показателей процесса разгона