

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

А.И. Бобровник, доктор технических наук

Белорусский национальный технический университет

Т.А. Варфоломеева

Белорусский государственный аграрный технический университет

М.А. Струк

Минский тракторный завод

г. Минск, Беларусь

Ключевые слова: трактор, «БЕЛАРУС», буксование, давление в шинах, агроэкологические показатели, динамический радиус колеса, скорость движения, опорно-сцепное устройство, сдвигание колес, криволинейное движение.

Введение

Интенсивное развитие агропромышленного комплекса республики на основе внедрения высокоэффективных технологий невозможно без создания высокопроизводительных, надежных и экономичных машинно-тракторных агрегатов с широким комплексом современных многооперационных орудий. Ставится задача расширения ассортимента продовольственной продукции и повышения ее качества до уровня соответствующего самым жестким мировым стандартам, при существенном наращивании производства сельскохозяйственной продукции в объемах, полностью обеспечивающих внутреннюю потребность страны и экономически целесообразный экспорт. За последние пять лет в соответствии с Государственной программой устойчивого развития села машинотракторный парк республики к концу 2015 года должен обновиться 1098 тракторами, 7650 зерноуборочными и 2056 кормоуборочными комбайнами и другой мобильной техникой, содержащей ходовые системы. Существующая структура земледелия и животноводства в областях и районах республики по данным академика НАН Беларуси Кукриша Л.В. [1] практически одна и та же, однако плодородие пахотных земель в Беларуси на межобластном уровне различается в 1,4 раза, межрайонном в 2,1 раза, межхозяйственном почти в 3 раза, что в зависимости от запланированной урожайности, что вызывает различную загрузку машинно-тракторных агрегатов и сроки выполнения полевых работ.

Вследствие роста посевных площадей зерновых культур при недостаточном обеспечении мобильной техникой увеличивается продолжительность по времени выполнения технологических операции, что требует обеспечения проходимости агрегатов в различных почвенных и климатических условиях.

Поиску путей повышения эксплуатационных свойств ходовых систем тракторов «БЕЛАРУС» посвящена настоящая статья.

Основная часть

При выполнении мелиоративных и сельскохозяйственных работ в тяжелых производственных условиях эксплуатации в основном используются гусеничные машины. Более высокие сцепные качества гусеничного движителя по сравнению с колесным обуславливают расширение диапазона применения по тяговым возможностям в различных отраслях народного хозяйства, особенно на деформируемых переувлажненных грунтах и почвах с малой несущей способностью, где коэффициент сцепления у гусеничных машин больше, а сопротивлению качению меньше, чем у колесных.

Впервые в республике после длительного перерыва на ОАО «МТЗ» создан гусеничный трактор класса 4,0 с рядом новых принципиальных инженерных решений: оригинальные механизм поворота, торсионная подвеска опорных катков, комфортабельная кабина, возможностью комплектации движителя на разработанной совместно с канадской фирмой «Soucy» резино- тросовой с пластмассовыми звездочками и обрешиненными катками и др. Гидрообъемный механизм поворота состоит из двухпоточного дифференциального механизма [2].

Гусеничный трактор «БЕЛАРУС» 1502-01 мелиоративной и лесохозяйственной 1502-02 модификации имеют эксплуатационную массу 10,4-12,0 т со средним удельным давлением движителей на грунт 46-52 кПа. Белорусские тракторы по уровню мощности, весовым показателям, сроку эксплуатации в основном не уступают зарубежным аналогам [3]. Вместе с тем требуются новые технические решения по ходовой системе, достигнутые зарубежными производителями тракторной техники высокого технического уровня. Так следует отметить американского производителя сельскохозяйственной техники Case IH (рис. 1), представившего гусеничный пропашной трактор 2013 Steiger Quadtrac в трех моделях – 350, 400 и 450 Steiger Quadtrac [4] большой мощности двигателей.



Рисунок 1– Круговое движение вперед четырехгусеничного трактора Case IH серии Quadtrac

Они будут снабжены многофункциональной технологией Quadtrac для проведения вспашки почвы, выполнения полевых работ, включая посевные работы, междурядную подкормку, внесение удобрений. Вездеходные свойства в тяжелых условиях эксплуатации при равных геометрических параметрах проходимости ходовой системы шасси определяются возможностью полной реализации сцепного веса и оптимальной степенью раздачи мощности по ведущим звездочкам с учетом оптимальной развесовки модулей.

Трактор представляет собой полноприводное шарнирно - сочлененное средство, состоящее из двух модулей, соединенных шарнирным устройством, с двумя степенями свободы для копирования поверхности почвы. В современных конструкциях оба шарнира имеют полусферические подшипники с возможностью компенсации зазора в процессе эксплуатации [5]. Как правило, вертикальный шарнир для колесной машины обеспечивает относительное угловое перемещение модулей в горизонтальной плоскости на 45° в обе стороны. Горизонтальный шарнир обеспечивает относительное угловое перемещение модулей в вертикальной плоскости на 360° . Эта существенная особенность шарнира позволяет разгрузить несущие элементы модулей от закручивающего момента, а также повышает безопасность водителя при опрокидывании. Общеизвестно, что шарнирно сочлененные машины по сравнению с транспортными средствами с жесткой рамой имеют заведомо худшую боковую устойчивость. При потере устойчивости модуля с более высоким центром тяжести, а это конструктивно задний модуль, горизонтальный шарнир не позволяет опрокидывающему моменту воздействовать на передний модуль, на котором расположена кабина водителя и ответственные узлы. Наличие горизонтального шарнира позволяет копировать практически любой рельеф местности без отрыва ведущего звена двигателя от грунта, что повышает проходимость мобильной машины. У колесного трактора с шарнирной рамой передние колеса устанавливаются без развала и сходимости и являются не управляемыми. Для обеспечения устойчивости прямолинейного движения колесного трактора ось соединения шарнира полурам устанавливают под некоторым углом в продольной плоскости [6]. В этом случае при повороте трактора на некоторый угол из-за изменения положения центра масс передней и задней секций трактора появляется стабилизирующий момент, стремящийся повернуть секции в исходное положение. Достаточный стабилизирующий момент может быть получен только при небольшой высоте центра масс секций трактора и когда они не совпадают с положением осей колес [6]. Применение шарнирной рамы у трактора с гусеничным двигателем улучшает щадящее воздействие двигателя при криволинейном движении, способствует лучшей тяге. Преимущество тракторов **Steiger Rowtrac** заключается в высокой топливной экономичности и низких эксплуатационных издержках.

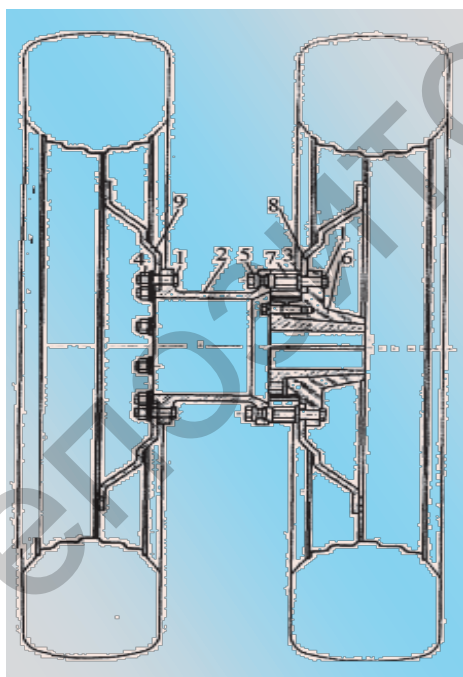
Минским тракторным заводом освоено семейство колесных тракторов «БЕЛАРУС» различного тягового класса, предназначенные для выполнения сельскохозяйственных работ с навесными, полунавесными, прицепными машинами и орудиями. Самым мощным

является трактор «БЕЛАРУС-2822 ДЦ» мощностью 206 кВт массой и 11100 кг. База трактора – 2960 мм, колея по задним колесам – 1780-2744 мм, наименьший радиус поворота по середине следа внешнего переднего колеса при минимальной колее с подтормаживанием внутреннего заднего колеса – 5 м.

Для повышения проходимости на заболоченных и лесных участках и при работе на рыхлых почвах (на переувлажненных почвах, на полях, подготовленных под посев) используют сдваивание колес, заливку жидкости в шины. В сочетании с минимальным балластированием в обычных почвенных условиях сдваивание колес позволяет агрегатироваться трактору на полях с различным уклоном с тяжелыми комбинированными агрегатами. Влияние сдваивания на тяговую динамику трактора на рыхлом фоне проявляется следующим образом. В зоне номинальных тяговых усилий и малых скоростях буксование снижается в среднем в 1,4 раза и повышается тяговая мощность. При работе с малым тяговым усилием на крюке и на больших скоростях тяговая мощность трактора со сдвоенными колесами меньше, чем на одинарных колесах из-за повышенного сопротивления качению.

Запрещено использовать для работы с прицепами и полуприцепами любого назначения трактор в комплектации со сдвоенными колесами, с залитым в шины колес водным раствором, а также с навесными балластными грузами.

Схема сдваивания задних колес трактора «БЕЛАРУС-2822» приведена на рис. 2.



1-болт, 2-проставка, 3-шайба, 4,5-гайки, 6-ступица, 7-специальный болт

Рисунок 2 – Схема сдваивания колес

При сдваивании колес нужно установить на подставку дополнительное (внешнее) колесо и затянуть гайки 5 моментом 700-750 Н·м (70-75 кгс·м). Аналогично нужно установить второе дополнительное колесо. Для снижения давления на почву давление воздуха в шинах колес допускается снижать на 0,01-0,03 МПа (0,3 кгс/см²), но не ниже минимально допустимого для одиночной шины. Суммарная грузоподъемность сдвоенных шин не должна превышать грузоподъемность одиночной шины более, чем в 1,7 раза. Момент затяжки гаек крепления колес должен быть в пределах 700-750 Н·м (70-75 кгс м).

Подготовка к работе со сдвоенными передними колесами заключается так же в проверке давления в шинах (внутренней и наружной). При работе на сдвоенных колесах давление в шинах наружных колес должно

быть в 1,2-1,25 раза меньше, чем во внутренних (во избежание преждевременного выхода из строя шкворневых подшипников ПВМ).

Сдвиг шин допускается заводом в следующих вариантах: передние колеса – основные 540/65R30 (внутренние); дополнительные 480/65R30 (наружные), задние колеса 580/70R42, 620/70R42, 650/65R42 в любом сочетании при условии, что основной/внутренней обязательно будет шина с большей шириной профиля, то есть более широкая.

Заливка жидкости допускается во внутренние шины сдвоенных колес (не более 40% от объема шины) только в крайнем случае.

При недостаточной балластировке ПВМ предпочтительнее применять заливку жидкости в шины 540/65R30 в объеме до 315 литров в каждую. Работа на спаренных передних колесах разрешается на скорости не более 10 км/ч.

Механическое воздействие движителей не исчерпывается только уплотнением и уменьшением её пористости, снижающей возможности жизнедеятельности макро- и микроорганизмов, а также разрушения корневой системы растений. От контакта с движителями, особенно при криволинейном движении направляющих колес и повороте разрушается структура верхнего слоя почвы, она сдвигается и измельчается. Вследствие этого усиливаются процессы эрозии, из почвы более интенсивно выветриваются и вымываются наиболее плодородные компоненты.

Поиск оптимальных методов повышения тягово-сцепных свойств агрегатов на агрофоне повышенной влажности при значительном буксовании является одним из актуальных вопросов тракторостроения. Изменение скорости движения трактора можно определить при решении дифференциального уравнения движения мобильного агрегатов, предложенного нами, с учетом потерь от буксования δ , имеющего вид [7]:

$$\dot{V} = \frac{(P_k - \sum P_c)g(1 - \delta)}{G_T \delta_{AD} - \delta(1 + \xi_2) - q(1 - \delta)} \quad (1)$$

где: P_k – касательная сила тяги;

$\sum P_c$ – сумма внешних сопротивлений;

G_T – сила тяжести трактора (тягача) с учетом массы навесной машины;

δ_{BP} – коэффициент учета вращающихся масс трактора;

q – отношение массы сельскохозяйственной машины к массе трактора;

С повышением рабочих скоростей коэффициент учета вращающихся масс уменьшается.

$\delta_{\dot{a}i} = \delta_{AD} \dot{\alpha} \dot{\alpha}^{-1}$ – коэффициент учета вращающихся масс для прицепного агрегата массой m_{ap}

$\xi_2 = \frac{J_n g}{G \delta r_i^2}$ – отношение приведенной массы передних колес к массе трактора

где J_n, r_n – момент инерции и радиус качения передних колес;

Если потери от буксования движителя считать переменными (δ), что имеет место при трогании с места, разгоне и замедлении, то дифференциальное уравнение движения будет следующим[7]:

$$\dot{V} = \frac{(D_E - \sum D_N)(1-\delta)G_O^{-1} - V(\delta_{AD} - 1)(1-\delta)^{-1}\dot{\delta}}{\delta_{AD} - \delta - q(1-\delta)} \quad (2)$$

Чем больше производная от буксования движителя $\dot{\delta}$ и скорость движения агрегата, тем значительнее замедление агрегата.

Отклонение действительной скорости агрегата от средней, если $P_k - \sum P_c = 0$, будет наибольшей на высших передачах при начальных значениях V_0 и δ_0 :

$$V = V_0 \left[\frac{(1-\delta)}{(1-\delta_0)} \right]^{(\delta_{AD}-1)(\delta_{AD}+q)^{-1}} \quad (3)$$

Эксплуатация колесных энергонасыщенных тракторов на полевых работах особенно при ранневесеннем посеве вызывает переуплотнение почвы, значительное колеобразование. Современная технология возделывания сельскохозяйственных культур требует хорошей выравненности поверхности поля, после многократного прохода по полю тракторных агрегатов. С целью улучшения проходимости для колесных тракторов наиболее простое и легко осуществимое решение в условиях эксплуатации – снижение давления воздуха в шинах до 0,6-0,9 кПа.

Глубину колеи, образовавшейся при взаимодействии движителя с опорной поверхностью определяют по зависимости [8]:

$$h = \sqrt[3]{\frac{G_i^2}{k^2 b^2 D}}, \quad (4)$$

где G – вертикальная нагрузка;

k – коэффициент деформации грунта;

D – диаметр колеса.

При работе сдвоенных шин в пространстве между ними на определенных почвах образуется земляной клин, который участвует в формировании касательной силы тяги. С некоторым допущением можно ширину колеса b заменить шириной образовавшегося пневматического катка b_2 , определяемого по формуле:

$$b_2 = 2b + s, \quad (5)$$

b – ширина одного колеса в рассматриваемой паре, м;

s – ширина клина, м.

Зависимость между напряжением и деформацией грунта под сдвоенными шинами определяют по известным зависимостям.

Давление, действующее в пятне контакта шины с опорной поверхностью, определяется по формуле:

$$\delta = \frac{G_{i2}}{F_{nx2}}, \quad (6)$$

где F_{nx2} – площадь пятна контакта сдвоенной пары с опорной поверхностью, м².

Для определения площади пятна контакта примем допущение, что последняя имеет форму прямоугольника с длиной L_{2x} и шириной b_2 , где L_{2x} – длина пятна контакта сдвоенной пары шин с опорной поверхностью, м, а b_2 – ширина сдвоенной пары, м, тогда:

$$\delta = \frac{G_{i2}}{L_{2x}b} \quad (7)$$

$$F_{nx} = L_{2x}b \quad (8)$$

Результаты теоретических исследований по изложенной методике и экспериментальные для трактора с шарнирной рамой ХТЗ Т-150К-09 на черноземе влажностью 32%, выполненные аспирантам Калининым Е.И. [9], приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты теоретических исследований

ИССЛЕДУЕМЫЙ ПАРАМЕТР	ОДИНАРНЫЕ ШИНЫ	СДВОЕННЫЕ ШИНЫ
Буксование, %	12,0 - 12,5	6,5 - 8,0
Скорость, м/с	2,04 - 2,08	2,19 - 2,30
Крюковая мощность, кВт	61,8 - 62,5	71,1 - 70,3
Номинальный тяговый КПД	0,475 - 0,485	0,531 - 0,546
Крюковой расход топлива (номинальный), г/кВтч	500,4 - 502,4	444,7 - 445,6
Производительность, г/ч	1,29 - 1,31	1,39 - 1,43

При установке сдвоенных шин уменьшение буксования приводит к увеличению скорости движения пахотного агрегата, крюковой мощности, тягового КПД, снижению крюкового расхода топлива на 12,75%, повышению производительности на 10,81%.

По результатам испытаний трактора «БЕЛАРУС» класса 5, выполненных ПО «МТЗ» серийной комплектации со сдвоенными шинами, установлено, что среднее давление на почву передними колесами с шинами 540/65R 30 составляет 72,9-74,2 кПа, задними колесами с шинами 620/70R42 составляет 84,0-85,0 кПа, определенное в соответствии с ГОСТ 26953, ГОСТ 26955, ГОСТ 7057 при эксплуатационной массе трактора «БЕЛАРУС - 2822 Дц» 15800 кг и массе, приходящейся на задний мост 9000кг.

Проведенные испытания на Белорусской МИС показали, что на стерне озимой ржи дерново-подзолистой почвы влажностью 15-18% в слое 0-15 см твердость почвы составила 1,5-2,3 МПа. Тяговое усилие и условный тяговый КПД для тракторов заводской комплектации без сдвоенных колес и со сдвоенными задними колесами, а также балластировкой водой задних внутренних и передних колес трактора «БЕЛАРУС – 2822 Дц» при скорости движения холостого хода 13,86 км/ч составили соответственно 50,5 кН и 0,672 и 46,7 кН и 0,694, а буксование 13,9% и 8,0%.

Удельный расход топлива снизился с 327 до 317 г/ кВт ч, а действительная скорость движения увеличилась с 11,2 км/ч до 12,2 км/ч.

Для уменьшения затрат времени на разворот агрегата предложен реверсивный пахотный агрегат с навесной платформой, выполняющий технологический процесс челночным способом.

Определение параметров трактора «БЕЛАРУС» выполнено на Белорусской МИС и проводилось по методам ГОСТ 7057-81 на двух фонах: на асфальтобетонной дороге и стерне озимой ржи с помощью микрокомпьютерной системы для тяговых испытаний тракторов и загрузчика на базе трактора К-700А. Испытания проводились в заводской комплектации трактора и с балластировкой водой передних и задних колес, а также со сдвоенными задними колесами и балластировкой водой задних внутренних и передних колес трактора. Основные характеристики трактора приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Основные показатели трактора

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	Значение показателя		
	Заводская комплектация с двигателем Д260.7	Колеса трактора с балластировкой водой	Сдвоенные задние колеса с балластировкой водой
Эксплуатационная масса трактора, кг	10840	12180	12920
Нагрузка на передние колеса, кг	4620	5095	5095
Нагрузка на задние колеса, кг	6220	7085	7825
Давление воздуха в шинах передних колес 540/65R30, кПа	1,15	1,3	1,3
Соответствующая нагрузка при скорости до 20 км/ч, кг	3025	3100	6710
Давление воздуха в шинах задних колес 580/70R42, кПа	1,0	1,2	1,2
Соответствующая нагрузка при скорости до 20 км/ч, кг	3970	4415	8830

Испытания показали, что балластировка водой колес трактора и установка сдвоенных задних колес с балластировкой водой колес трактора способствуют уменьшению буксования его колеса на стерни и увеличивают максимальное тяговое усилие на низших передачах на 5-6 кН.

При этом показатели регуляторной характеристики двигателя Д-260.7 имели следующие результаты: максимальная частота вращения коленчатого вала на холостом ходу – 2300 мин⁻¹, максимальная мощность – 200,2 кВт (при частоте вращения 2103 мин⁻¹ и крутящем моменте 920 Нм), а при максимальном крутящем моменте 1070 Нм частота вращения коленчатого составляла 1700 мин⁻¹. Испытания проводились при температуре окружающего воздуха + 22°С и относительной влажности воздуха 85%. Экспериментальные значения динамического радиуса колес определялись по параметрам, замеряемым при испытаниях, по формуле:

$$r = \frac{9,55Vi}{n_a \eta_a} , \quad (9)$$

где V - действительная скорость;
i - передаточное число трансмиссии;
n_e - обороты коленчатого вала двигателя;
η_б - кпд буксования.

Значение динамического радиуса трактора «БЕЛАРУС» приведено в табл. 3

Таблица 3 - Расчет динамического радиуса трактора «БЕЛАРУС 2822» с шинами задних колес 580/70R42 и передних 540/65R30

№ п/п	Скорость движения V м/с	Передаточное число трансмиссии i	Частота вращения коленчатого вала двигателя об/мин	Коэффициент полезного действия буксования	Радиус колес r, м
1	2	3	4	5	6
АСФАЛЬТОБЕТОННАЯ ДОРОГА. ЗАВОДСКАЯ КОМПЛЕКТАЦИЯ ТРАКТОРА					
1	2.03	93.29	2105	0.93	0.923
2	2.47	76.83	2061	0.95	0.925
3	2.71	69.83	2041	0.96	0.924
4	3.13	62.81	2110	0.96	0.926
5	3.19	57.51	2040	0.93	0.925
СТЕРНЯ					
1	1.67	93.29	2134	0.76	0.910
2	2.02	76.83	2095	0.78	0.907
3	2.33	69.83	2095	0.82	0.908
4	2.76	62.81	2103	0.86	0.911

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
СТЕРНЯ. БАЛЛАСТИРОВКА КОЛЕС ВОДОЙ					
1	1.69	93.29	2102	0.79	0.909
2	2.24	76.83	2107	0.85	0.914
3	2.49	69.83	2032	0.88	0.930
4	2.97	62.80	2100	0.92	0.919
СТЕРНЯ. ТРАКТОР СО СДВОЕННЫМИ КОЛЕСАМИ					
1	1.76	93.29	2078	0.82	0.920
2	2.36	76.83	2095	0.90	0.918
3	2.48	69.83	2034	0.88	0.921
4	2.83	62.89	2080	0.88	0.922

Испытания проводились на стерне озимой ржи на дерново-подзолистой почве среднего суглинка влажностью почвы на глубине 0-15 см 15-20% , твердость почвы в слое 0-15 см – 1,5-2,3 МПа.

Установлено, что при скорости движения 2.03-3.19 м/с на асфальтобетонной дороге, динамический радиус равен 0.923-0.925 м, в заводской комплектации на стерне – 0.907 -0.911 м, со сдвоенными задними колесами и балластировкой водой задних внутренних и передних колес трактора – 0.918 -0.922 м.

Тяговая мощность трактора «БЕЛАРУС 2822» на стерне озимой ржи при максимальном значении условного тягового КПД равна 134.7 кВт и получена при скорости 11.1 км/ч, буксовании 12,3 %, силе тяги 43,6 Н и частоте вращения коленчатого вала двигателя 2090 об/мин. Удельный расход топлива при наибольшей тяговой мощности составил 327 г/кВт ч.

При движении на повороте ведущих и ведомых колес возникает угловая деформация как почвы, так и шины, нарастающая по мере увеличения поворачивающего момента до тех пор, пока в пятне контакта шины с опорной поверхностью сохраняется сцепление. В пределах упругой деформации шина разворачивается относительно пятна контакта на некоторый угол. Деформация шины растет с увеличением приложенного к ней момента до потери сцепления с опорной поверхностью. С увеличением момента проскальзывание шины распространяется от краев к центру пятна контакта. При некотором значении момента или угла поворота в зависимости от агрофона, влажности почвы и глубины колеи все элементы трактора начинают проскальзывать с разной интенсивностью.

В технической литературе при взаимодействии колес с почвой рассматриваются механические свойства почвы, зависящие от ее физического состояния и определяются величиной деформации, возникающей под действием приложенной к ней силы. Колесо и гусеница подвергают почву деформациям сжатия и сдвига. От способности почвы выдер-

живать эти нагрузки зависят глубина колеи, образуемой двигателем и влияющей на сопротивление качению, и сила сцепления двигателя с почвой, формирующие тяговое усилие трактора. Сопротивление сжатию и сдвигу обуславливаются в основном двумя факторами: молекулярными и капиллярными силами сцепления частиц почвы между собой и трением между частицами почвы. В слабосвязанных почвах сопротивление сдвигу определяется преимущественно трением между частицами.

Эксплуатация высокопроизводительных широкозахватных агрегатов показала, что при уменьшении длины гона на мелко контурных участках возрастают потери времени на поворотной полосе, достигающие до 10% общего времени работы. При развороте энергонасыщенного трактора с навесным рабочим органом и догрузке задних колес на поворотной полосе происходит срыв верхнего слоя почвы. Поэтому необходима разработка методики оценки повреждения растений на поворотной полосе и мероприятия по снижению максимальных напряжений при криволинейном движении машинно-тракторных агрегатов.

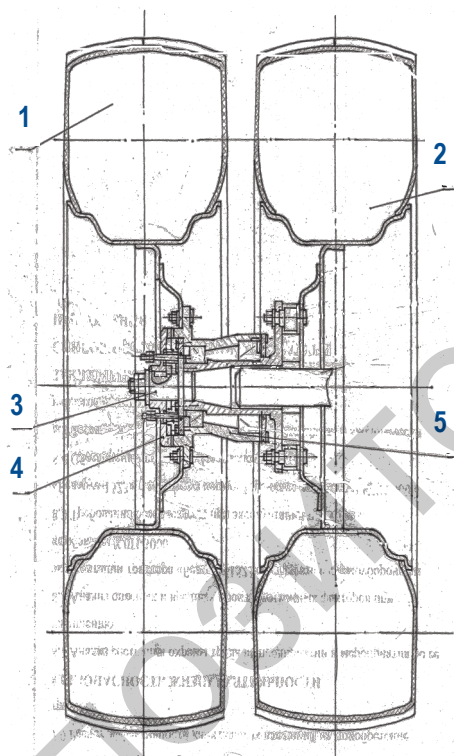
Наиболее неблагоприятными, с точки зрения воздействия на почву, режимами движения тракторов с широко разнесенными сдвоенными (строеными) колесами являются непрямолинейное движение (рис. 1), повороты и развороты с малыми радиусами.

При криволинейном движении (рис.1) сдвоенных колес одного борта в ведущем режиме между ними возникает циркуляция мощности, поэтому внешнее по отношению к центру поворота колесо катится с юзом. Это приводит к срезанию верхних слоев почвы и к увеличению колееобразования. Степень относительного скольжения сдвоенных колес зависит от кинематических параметров процесса движения, конструктивных особенностей двигателя и характеристик почвы, причем циркулирующих между сдвоенными колесами момент у тракторов «БЕЛАРУС» 3522 может достигать 15-20% от ведущего момента на соответствующей полуоси. Механическое воздействие двигателей на почву не исчерпывается только уплотнением и уменьшением ее пористости, снижающей условия жизнедеятельности макро- и микроорганизмов, а так же повреждением корневой системы растений. От контакта с двигателями, особенно при криволинейном движении ведущих и направляющих колес, нарушается структура верхнего слоя почвы: почва сдвигается и измельчается. Вследствие этого усиливаются процессы водной и ветровой эрозии, из почвы более интенсивно выветриваются и вымываются наиболее плодородные компоненты.

При движении на повороте ведущих и ведомых колес возникают угловые деформации как почвы, так и шин, нарастающие по мере увеличения поворачивающего момента до тех пор, пока в пятне контакта шины с опорной поверхностью сохраняется сцепление. В пределах упругой деформации шина разворачивается относительно пятна контакта на некоторый угол. Деформация шины растет с увеличением приложенного к ней момента до потери сцепления с опорной поверхностью. С увеличением момента проскальзывание шины распространяется от краев к центру пятна контакта. При некотором значении момен-

та или угла поворота в зависимости от агрофона, влажности почвы, глубины колеи и конструктивных параметров шины ее элементы начинают проскальзывать с разной интенсивностью [11]. При криволинейном движении в случае использования известных систем сдвигания и страивания колес негативное воздействие движителей на почву оказывается существенным.

Предложены конструкции новых опорно-сцепных устройств для сдвигания задних колес трактора «БЕЛАРУС» класса 5 (рис. 2-3), позволяющие улучшить агроэкологические свойства агрегата, при выполнении сельскохозяйственных и транспортных работ, особенно при криволинейном движении и на повороте, передавать крутящий момент на наружное колесо или отсоединить его от ведущего вала для вращения вокруг полуоси в ведомом режиме.



- 1 – наружное колесо;
- 2 – внутреннее колесо;
- 3 – ведущий вал;
- 4 – механизм включения и выключения;
- 5 – наружный корпус

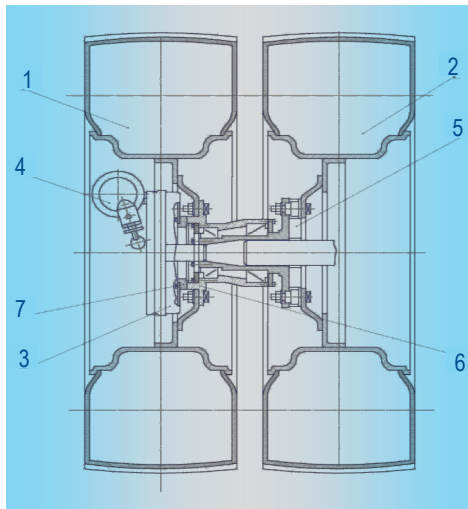
Рисунок 3 – Опорно-сцепное устройство задних колес трактора

Данное устройство позволяет значительно снизить динамические нагрузки на конечную передачу заднего моста трактора, а следовательно, и на трансмиссию и обеспечить требуемый ресурс узла трактора, увеличить ходимость шин, повысить транспортную скорость, уменьшить расход топлива, улучшить управляемость агрегата [10]. При отключенной системе привода наружных колес крутящий момент будет реализовываться только внутренними колесами.

Предложенная конструкция перевода режима работы наружного колеса позволит уменьшить паразитную мощность, расход топлива, увеличить ходимость шин.

Для перевода наружных колес на необходимый режим используется имеющаяся на тракторе пневматическая система. Возможен вариант механического включения муфт. При отключении системы привода наружных колес крутящий момент будет реализовываться только внутренними колесами [12,13].

В настоящее время совместно с ОАО «Минский тракторный завод» проводятся исследования по оценке эффективности управления отключением крутящего момента от наружного колеса сдвоенного борта колесного трактора «БЕЛАРУС» класса 5.



- 1 – наружное колесо;
- 2 – внутреннее колесо;
- 3 – механизм включения и выключения;
- 4 – пневматическая камера;
- 5 – вал консольный;
- 6 – корпус вращающийся;
- 7 – кольцо

Рисунок 4 – Опорно-сцепное устройство задних колес трактора

Выводы

1. Интенсивное развитие агропромышленного комплекса республики возможно на основе разработки высокоэффективных технологий при обеспечении высокой проходимости мобильных агрегатов, ходовые системы которых должны создаваться с учетом существующей структуры земледелия РБ и сроков выполнения полевых работ в различных условиях.

2. Созданные на ОАО «МТЗ» гусеничный трактор «БЕЛАРУС 1502» мелиоративной и сельскохозяйственной модификаций и энергонасыщенные колесные тракторы по потребительским свойствам, по уровню мощности, весовым показателям, сроку эксплуатации не уступают зарубежным аналогам, однако требуется совершенствование ходовых систем в соответствии с современными тенденциями развития двигателей мобильных машин и новыми техническими решениями высокого технического уровня зарубежных производителей тракторов.

3. Предложена методика оценки проходимости и скорости движения агрегатов с учетом буксования двигателя трактора. Определены основные показатели трактора «БЕЛАРУС» класса 5 при оборудовании сдвоенными колесами.

4. Для работы на различных агрофонах все более широкое применение находят колесные тракторы со сдвоенными колесами, оснащенными пневматическими шинами. Наличие жестких связей между рядом расположенными колесами наряду с высокими эксплуатационными показателями ухудшает агроэкологические качества двигателей, а также значительно увеличивает динамическую нагруженность элементов трансмиссии, особенно при криволинейном движении.

5. Использование предложенных конструкций опорно-сцепных устройств задних сдвоенных колес трактора позволит улучшить агроэкологические показатели агрегата, снизить нагруженность трансмиссии трактора, повысить транспортные скорости, уменьшить расход топлива, увеличить ходимость шин при криволинейном движении агрегатов.

Библиографический список

1. Задачи белорусского АПК на современном этапе развития / Л.В. Кукреш, П.П. Казакевич, А.В. Новиков, // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову, В.А. Скотникову (Минск, 28-30 ноября, 2013 г.). – Минск, 2013. – С.26-30.
2. Трактор гусеничный «БЕЛАРУС» 2103:– Руководство по эксплуатации.—ОАО «Минский тракторный завод». – 2007.– 250 с.
3. Коробкин, В.А. Становление и развитие научно- конструкторской школы проектирования специальных машин на МТЗ /В.А. Коробкин // Перспективы развития белорусского тракторостроения: материалы Междунар. науч.-техн. конф.(Минск, 29-30 мая 2006 г.) – 280 с.
4. Поисковая система Google - Режим доступа: <http://ru.m.wikipedia.org/wiki/Case-STX-Steiger>. Дата доступа 27.09.2014.
5. Карьерный автотранспорт. Состояние и перспективы/ П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров. И.В. Зырянов. –Санкт-Петербург: Наука, 2004 г. – 428 с.
6. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов / В.М. Шарипов.– Москва: Машиностроение, 2004. – 591 с.
7. Бобровник, А.И. Повышение эксплуатационных качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений /А.И. Бобровник. – Минск, 1997. – 159 с.
8. Тракторы: теория: учебник для студентов /В.В. Гуськов, Н.Н.Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – Москва: Машиностроение, 1988.– 250 с.
9. Калинин, Е.И. Оценка установки сдвоенных шин как одного из способов повышения эффективности работы пахотного агрегата на агрофоне со слабой несущей способностью// Калинин Е.И.
10. Национальная программа действий Республики Беларусь по борьбе с деградацией земель. – Минск, 2008.
11. Автоматическое устройство для регулирования давления воздуха в шинах энергонасыщенных тракторов с заблокированным приводом осей/ Ю.Г. Гориков, Ю.Б. Четыркин, А.В. Богданов, Е.А. Лещенко // Тракторы и сельхозмашины. – № 12. – 2011. – С. 9 - 12.
12. Пат. 16282 РБ, ВУ 1682 С1. Устройство для повышения опорно-цепной проходимости движителя / М.А. Прищепов, С.К. Карпович, А.И. Бобровник и др.: заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (ВУ). – № а 20100425; заявл. 2010.03.18; опубл. 2012.05.28. – 3 с.
13. Пат. 7350 РБ, ВУ7350 U1. Устройство для улучшения опорно-цепной проходимости движителя / М.А. Прищепов, С.К. Карпович, А.И. Бобровник и др.: заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» (ВУ). – № и 20100798; заявл. 2010.09.22; опубл. 2011.04.01. – 3с.

Summary

A. Bobrovnik, A. Varfolomeeva, M. Struk

IMPROVING THE PERFORMANCE OF RUNNING SYSTEMS TRACTOR "BELARUS"

The article discusses the impact of running systems of wheel tractors on the ground, determines the parameters of the running of the tractor of factory assembly with dual wheels and ballasted with water, it is proposed technical solution to reduce the power of dual wheels in the curvilinear motion of the tractor.

Поступила 19.03.2015