



ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИНЫ И УСТАНОВКИ СПАРЕННЫХ КОЛЕС НА ПОЧВАХ С НИЗКОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

НИТКИН Алексей Анатольевич, Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

Рассмотрены ключевые аспекты возникновения потерь мощности при движении трактора по ослабленным почвам. Изучено влияние снижения давления в шине на повышение тягово-сцепных характеристик шины и ее износ. Выявлены преимущества установки спаренных колес и предложены параметры внешних условий, наиболее благоприятные для использования колесной спарки со сниженным давлением воздуха в шине.

Введение. Современная социально-экономическая ситуация в мире предопределяет необходимость ускоренного развития национального сельскохозяйственного производства. Это особенно важно в связи с мировым продовольственным кризисом, вызывающим необходимость решения вопросов продовольственной безопасности страны [9]. Для этого Российская Федерация имеет благоприятные ландшафтные и климатические условия: почти 20 % всех сельскохозяйственных земель планеты, 9 % пашни и 55 % черноземов мира, 20 % запасов пресной воды, 2,6 % мировых пастбищ. Но, несмотря на это, на сегодняшний день в аграрном секторе экономики существует ряд нерешенных проблем, ограничивающих ее развитие. В настоящее время в АПК России эксплуатируется почти 70 % старых, отслуживших свой амортизационный срок тракторов, и только 30 % укладываются в сроки амортизации. Статистика показывает, что количество техники возрастом до 5 лет составляет лишь 8 %, от 6 до 12 лет – 21 %, более 10 лет – 71 % [10].

В итоге средняя обеспеченность сельского хозяйства России исправными тракторами на единицу обрабатываемой площади отстает от таких развитых стран, как США и Германия более чем в 5 раз, и, по данным ученых Россельхозакадемии, составляет не более 4-5 машин на 1000 га, или менее 50 % норматива.

Из-за крайне низкой обеспеченности сельскохозяйственных товаропроизводителей современными тракторами энергообеспеченность на 100 га посевной площади составляет 150 л.с. при технологически необходимой 300–350 л.с. (в ЕС она составляет 470–544 л.с., в США – 800 л.с.). Производительность труда в 7–10 раз ниже, а

затраты энергетических и других материальных ресурсов в 1,5–2,5 раза выше, чем в высокоразвитых странах [9].

С учетом сложившейся ситуации в последние годы наблюдается тенденция к обновлению тракторного парка сельхозтоваропроизводителями, за счет государственных грантов, а также за счет льготных условий кредитования. При этом большей частью закупаются колесные тракторы, которые обладают целым рядом преимуществ по сравнению с гусеничными: большей универсальностью при использовании, более высокими транспортировочными скоростями, возможностью перемещения на дорогах общего пользования, возможностью использования передненавешенных машин-орудий, лучшей оснащенностью средствами автоматического контроля и управления, лучшей комфортностью для водителя.

Цель исследования – изучить основные аспекты изменения эффективности эксплуатации колесных тракторов от варьирования давления воздуха в шинах, а также от установки спаренных колес.

Методика исследований. Колесные тракторы, имея явные преимущества перед гусеничными, уступают им по тягово-сцепным свойствам, а также оказывают большое давление на грунт. Низкие сцепные свойства приводят к повышенному буксованию трактора, что негативно сказывается на структуре почвы и на ее плодородии, приводит к повышенному расходу топлива и снижает крюковую мощность. Это обстоятельство затрудняет использование колесных тракторов на ранневесенних работах и рыхлых почвах. Плохие погодные условия снижают возможность использования колесных тракторов на транспортных работах из-за их низкой проходимости, что



в особенности важно в стране, характеризующейся многообразием почвенно-климатических условий.

Давление в шинах колес исключительно сильно влияет на энергетические затраты при движении трактора и на его тягово-сцепные свойства [3, 8]. Вследствие различной деформации ведущих колес при работе трактора с заблокированным приводом появляется кинематическое несоответствие, что приводит к снижению тяговой мощности и увеличению расхода топлива. Величина деформации шин оказывает влияние на величину кинематического несоответствия и определяется внутренним давлением воздуха. Следовательно, и кинематическое несоответствие зависит от коэффициента деформации шины, нормальной нагрузки и давления воздуха в шине. Коэффициент деформации шины является конструкционным фактором, управлять которым можно, только меняя марку шины. Нормальная нагрузка на шину зависит от распределения веса трактора по осям и угла действия крюковой силы. Таким образом, меняя угол действия крюковой силы при помощи гидравлических догрузателей и изменяя давление воздуха в шинах, можно добиться снижения кинематического несоответствия.

В сельскохозяйственном производстве тракторам приходится работать в различных условиях эксплуатации. Поэтому давление воздуха в шинах колесных тракторов необходимо подбирать под эти условия.

Результаты исследований. При снижении давления воздуха в шинах будет происходить увеличение касательной силы тяги за счет увеличения площади контакта. При этом большое число грунтозацепов вступает в работу [4, 5]. Прирост касательной силы за счет снижения давления воздуха в шинах колес проявляется в большей степени при движении трактора по деформируемому основанию. Снижение давления в шинах колес неоднозначно сказывается на сопротивлении качению и зависит главным образом от характеристик колеса и опорной поверхности [6]. Поэтому следует рассматривать два случая движения трактора: движение трактора по твердому основанию и движение по деформируемой поверхности. Сила сопротивления качения характеризуется коэффициентом f_{mp} . При исследовании потерь на качение деформируемого колеса по деформируемому грунту будем различать потери на деформацию шины, характеризующиеся коэффициентом $f_{ш}$, и потери на деформацию грунта, характеризующиеся коэффициентом f_r сопротивления грунта качению колеса. В общем случае

$$f_{mp} = f_{ш} + f_r.$$

Тогда при движении по твердой поверхности $f_r = 0$, а при качении абсолютно жесткого колеса $f_{ш} = 0$.

В эксплуатации очень важно правильно выбирать давление воздуха в шинах в зависимости от условий эксплуатации. На дороге с твердым покрытием давление воздуха в шине должно быть по возможности большим, потому что f_r практически равен нулю, а $f_{ш}$ минимален. При работе на мягких и малосвязных почвах из условий обеспечения минимального сопротивления качению давление воздуха должно быть таким, чтобы сумма первого и второго членов формулы была минимальной, поскольку влияние давления воздуха в шинах на каждый член уравнения различное [7].

Если понизить давление воздуха в шине, то увеличатся ее радиальная деформация и сила коэффициента сопротивления качению вследствие повышения гистерезисных потерь. Но при этом снизится составляющая коэффициента сопротивления качению, учитывающая потери на смятие почвы вследствие увеличения деформации шины, площади контакта и уменьшения глубины колеи. И наоборот, при большем давлении воздуха в шине ее деформация будет меньше, а почвы больше. Это приведет к увеличению общего коэффициента сопротивления качению, т.к. затраты энергии на деформацию почвы значительно превосходят затраты энергии на деформацию шин [2].

При выборе оптимального давления в шине, обеспечивающего высокие тягово-сцепные свойства, необходимо учитывать также условие долговечности шины [1]. Уменьшение срока службы при перегрузке шины происходит в результате увеличения ее деформации и связанного с этим повышения напряжения в материалах шины. Перегрузка на 10 % приводит к сокращению срока службы на 20 %. При нагрузках, не превышающих грузоподъемность шины, в основном изнашивается ее протектор. Перегрузки вызывают деформацию бортов. Работа деформации переходит в тепло, и в результате нагревания выходят из строя боковины.

Снижение давления воздуха в шинах ведущих и ведомых колес всегда дает положительный эффект с точки зрения проходимости. Увеличивается площадь контакта шины с грунтом, улучшаются тяговые качества и снижается сопротивление перекачиванию. Однако чрезмерное понижение давления воздуха вызывает ускоренный износ шин и может привести к проворачиванию их относительно обвода колеса. У современных шин давление может быть снижено до 0,08 кПа. Очевидно, тракторы должны иметь устройства, автоматически снижающие давление воздуха при работе в тяжелых условиях и повышающие его при работе на дорогах.

Дополнительным решением проблемы сопротивления грунта качению является установка дополнительных колес, что приводит к снижению нормальной реакции почвы на каждом из колес в спарке почти в 2 раза. Это дает возможность снизить давление воздуха в шинах, не нарушая условие грузоподъемности шин. Благодаря этому увеличивается площадь контакта колес с опорной поверхностью, снижается глубина колеи и, соответственно, снижаются потери на деформацию почвы [11]. Вместе с тем, снижение давления воздуха в шинах приводит к увеличению деформации в самой шине и, как следствие, увеличиваются потери на деформацию шины. При качении эластичного колеса по деформируемой поверхности затраты мощности на деформацию шины составляют не менее 5–6 % от общих потерь. Таким образом, снижение давления воздуха в шинах спаренных колес благоприятно скажется на снижении затрат мощности на качение.

Применение спаренных колес наиболее эффективно на рыхлой и влажной почве при выполнении ранневесенних полевых работ. Так как грузоподъемность шин в спарке увеличивается в 2 раза, то появляется возможность снижения давления воздуха в этих шинах и, как следствие, снижения давления на почву. В этих условиях установка спаренных колес незначительно влияет на энергетические показатели циркуляции мощности между спаренными колесами.

Заключение. Таким образом, проведенные исследования показывают, что простая установка спаренных колес или необоснованное (излишнее/недостаточное) изменение давление воздуха в шинах не приводит к увеличению тягово-сцепных характеристик трактора. Выявлено, что эксплуатация трактора на спаренных колесах при рассчитанном и обоснованном сниженном давлении воздуха в шинах наиболее благоприятна на влажных почвах и почвах с низкой несущей способностью. Во всех остальных случаях это приводит к потере мощности на преодоление дополнительных потерь в двигателе, появлению неконтролируемого диф-

ференциалом кинематического несоответствия между колесами в спарке, а также к усиленному износу шин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вопросы сельскохозяйственной механики. Вып. 23. – Минск, ЦНИИМЭСХ, 1977. – 155 с.
2. Временные рекомендации по ограничению уровня воздействия движителей сельскохозяйственной техники на почву / А.Г. Бондарев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1985. – 16 с.
3. Гусько В.В. Оптимальные параметры сельскохозяйственных тракторов. – М.: Машиностроение, 1966. – 196 с.
4. Дурманов А.С. Трактор ЛТЗ -155 и ЛТЗ-155У. Временное техническое описание, инструкции по эксплуатации и техническому обслуживанию. – Липецк, 1995. – 322 с.
5. Инструкции по эксплуатации трактора К-701. – М.: Колос, 1982. – 284 с.
6. Кашуба Б.П., Коваль И.А. Трактор Т-150 К. Устройство и эксплуатация. – М.: Колос, 1976. – 312 с.
7. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовая система почв. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
8. Мухамадьяров Ф.Ф., Лопарев А.А., Судницин В.И. Экологические и энергетические аспекты использования пропашных тракторов. – Казань, 2004. – 128 с.
9. Новиков И.С. Формирование функционирования инновационных интегрированных структур (агротехнопарков) в системе «производство-образование-наука»: автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Саратов, 2016.
10. Новиков И.С. Формирование функционирования инновационных интегрированных структур (агротехнопарков) в системе «производство-образование-наука»: дис. ... канд. экон. наук. – Саратов, 2016.
11. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М., 1998. – 368 с.

Ниткин Алексей Анатольевич, аспирант кафедры «Процессы и сельскохозяйственные машины в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-37

Ключевые слова: трактор; тягово-сцепные свойства; давление воздуха в шине; спаренные колеса; несущая способность почвы; мощность; эффективность.

THEORETICAL ASPECTS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF OPERATION OF WHEEL TRACTORS ON THE BASIS OF CHANGING THE TARGET-COUPLED CHARACTERISTICS OF TIRE AND INSTALLATION OF FIXED WHEELS ON SOILS WITH LOW CARRIER CAPACITY

Nitkin Alexey Anatolievich, Post-graduate Student of the chair «Processes and Agricultural Machinery in the Agro-industrial Complex», Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: tractor; towing properties; air pressure in the tire; coupled wheels; load capacity of the soil; power; efficiency.

The article considers the key aspects of the loss of power when the tractor moves on weakened soils. The influence of pressure reduction in the tire on the increase in traction and coupling characteristics of the tire and its wear was studied. The advantages of installing twin wheels are revealed and the parameters of the external conditions that are most favorable for the use of a wheeled pair with reduced air pressure in the tire are proposed.

