

УДК 631.372:631.431.7

UDC 631.372:631.431.7

4.3.1. Технологии, машины и оборудования для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СДВОЕННЫХ КОЛЕС НА ТРАКТОРАХ КЛАССА 5 (К-700, Т-150К) ДЛЯ СНИЖЕНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING DUAL WHEELS ON CLASS 5 TRACTORS (K-700, T-150K) TO REDUCE SOIL COMPACTION

Харченко Павел Михайлович
Доцент кафедры эксплуатации технического сервиса

Kharchenko Pavel Mikhailovich
Associate Professor of the Department of Technical Service Operation

Перепелица Иван Михайлович
Студент 2-го курса факультета механизации
*Кубанский государственный аграрный
Университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар,
Россия*

Perepelitsa Ivan Mikhailovich
2nd-year student of the Faculty of Mechanization
*Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilin, Krasnodar, Russia*

В статье рассматривается актуальная проблема переуплотнения почвы ходовыми системами энергонасыщенных тракторов класса 5 (К-700, Т-150К). Приведены основные технические характеристики данных машин и их влияние на агрофизические свойства почвы. Проведен сравнительный расчет среднего давления на почву для одинарных и сдвоенных колес с использованием методик ГОСТ 26955-86. Выполнена оценка влияния сдвоенных колес на тяговые показатели, буксование и производительность машинно-тракторных агрегатов. На основе анализа литературных источников и расчетных данных определена агрономическая эффективность снижения уплотнения почвы, выраженная в потенциальной прибавке урожайности. Представлена экономическая оценка затрат на переоборудование тракторов и рассчитан срок окупаемости данного мероприятия. Даны практические рекомендации по применению сдвоенных колес в зависимости от вида выполняемых работ и почвенно-климатических условий

The article deals with the actual problem of soil overcompaction by the undercarriage systems of energy-saturated class 5 tractors (K-700, T-150K). The main technical characteristics of these machines and their influence on the agrophysical properties of the soil are presented. A comparative calculation of the average ground pressure for single and dual wheels was carried out using the methods of GOST 26955-86. The influence of dual wheels on traction performance, slipping and productivity of machine-tractor units was assessed. Based on the analysis of literature sources and calculated data, the agronomic efficiency of reducing soil compaction, expressed in a potential increase in yield, was determined. An economic estimate of the cost of converting tractors is presented and the payback period of this measure is calculated. Practical recommendations on the use of dual wheels depending on the type of work performed and soil and climatic conditions are given

Ключевые слова: ТРАКТОР К-700, ТРАКТОР Т-150К, СДВОЕННЫЕ КОЛЕСА, УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ, ДАВЛЕНИЕ НА ПОЧВУ, ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА, БУКСОВАНИЕ, УРОЖАЙНОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: K-700 TRACTOR, T-150K TRACTOR, DUAL WHEELS, SOIL COMPACTION, GROUND PRESSURE, CONTACT AREA, SLIPPING, PRODUCTIVITY, EFFICIENCY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-047>

Введение

Тракторы тягового класса 5, представленные моделями К-700 (К-701) и Т-150К, являются основой машинно-тракторного парка многих

<http://ej.kubagro.ru/2026/05/pdf/47.pdf>

сельскохозяйственных предприятий России. Благодаря высокой энергонасыщенности (мощность двигателя К-700 составляет 220-300 л.с., Т-150К – 165-180 л.с.) они выполняют широкий спектр работ: от глубокой вспашки и сплошной культивации до снегозадержания и транспортных перевозок [1]. Однако эксплуатационная масса данных машин, достигающая 12-16 тонн (для К-700) и 8-11 тонн (для Т-150К с балластом), оказывает интенсивное механическое воздействие на почву.

Проблема переуплотнения почвы движителями тяжелой сельскохозяйственной техники является одной из наиболее острых в современном земледелии. Исследования показывают, что удельное давление на почву тракторов класса 5 в стандартной комплектации (0,8-1,2 кг/см² и выше) значительно превышает агротехнически допустимые нормы, установленные ГОСТ 26955-86 (0,4-0,6 кг/см² для суглинистых и глинистых почв в зависимости от влажности) [2; 3; 4]. Последствиями переуплотнения являются разрушение структуры почвы, ухудшение ее водно-воздушного режима, увеличение плотности сложения пахотного и подпахотного горизонтов, что в конечном итоге приводит к недобору урожая на 10-25% [3; 5]. Особенно остро данная проблема проявляется при проведении весенних полевых работ на переувлажненных почвах.

Одним из наиболее доступных и эффективных способов снижения уплотняющего воздействия является применение сдвоенных колес. Установка двух шин на одно колесо позволяет увеличить площадь опорной поверхности, снизить давление на почву и улучшить тягово-сцепные свойства трактора. При этом данный метод не требует крупных капитальных вложений, сопоставимых с приобретением новой техники с широкопрофильными шинами или гусеничного хода.

Целью настоящей работы является комплексная оценка эффективности перевода тракторов К-700 и Т-150К на сдвоенные колеса, включающая агротехнический, эксплуатационный и экономический

аспекты. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: рассчитать давление на почву для одинарных и сдвоенных колес; оценить влияние сдвоенных колес на буксование и тяговые показатели; проанализировать потенциальное влияние снижения уплотнения на урожайность на основе литературных данных; выполнить экономическую оценку затрат и срока окупаемости переоборудования; сформулировать рекомендации по применению.

Основная часть

1. Методика оценки давления движителей на почву

Для оценки воздействия движителей на почву используются два основных показателя: максимальное давление (под выступами почвозацепов) и среднее давление в пятне контакта. Для агрономической оценки и сравнения различных типов движителей наиболее информативным является среднее давление, которое рассчитывается по формуле [2]:

$$q_{\text{ср}} = G / (n \times F), \quad (1)$$

где G – нагрузка на колесо (или мост), Н; n – количество колес, воспринимающих нагрузку (для сдвоенных колес $n=2$ на одну сторону моста); F – площадь контакта одной шины с почвой, м^2 .

Площадь контакта шины зависит от вертикальной нагрузки, внутреннего давления воздуха в шине, ее типоразмера и конструкции, а также от физико-механических свойств почвы. Для приближенных расчетов можно использовать справочные данные, полученные экспериментальным путем для стандартных шин при рекомендуемом давлении.

В таблице 1 представлены исходные данные для расчета давления на почву для тракторов К-700 и Т-150К в стандартной комплектации.

Таблица 1. Исходные данные для расчета давления на почву

Параметр	К-700	Т-150К
Эксплуатационная масса, т	12,0	8,14
Нагрузка на задний мост, % / т	36% / 4,3	36% / 2,94
Нагрузка на передний мост, % / т	64% / 7,7	64% / 5,2
Типоразмер шин	28.1R26 (задние) / 21.3R24 (передние)	21.3R24 (все колеса)
Давление воздуха в шинах, МПа (кгс/см ²)	0,12 (1,2)	0,11 (1,1)
Площадь контакта одной шины (справочно), м ²	0,27	0,21

Примечание. Площадь контакта шин и другие параметры приняты по данным руководств по эксплуатации тракторов [7, 8].

2. Расчет давления на почву для одинарных и сдвоенных колес

Для каждого трактора выполнен расчет среднего давления для трех вариантов комплектации:

- Вариант А: одинарные колеса (стандартная заводская комплектация);
- Вариант Б: сдвоенные колеса, установленные только на мост с наибольшей нагрузкой (для К-700 – передний, для Т-150К – передний);
- Вариант В: сдвоенные колеса на всех мостах (полный перевод).

Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2. Расчетное среднее давление на почву при различных вариантах комплектации

Трактор, вариант комплектации	Расчетная формула	q _{ср} , т/м ²	q _{ср} , кг/см ²
К-700			
Вариант А (одинарные, передний мост)	$7,7 / (2 \times 0,27)$	14,26	1,43
Вариант Б (спарка на передний мост)	$7,7 / (4 \times 0,27)$	7,13	0,71
Вариант В (спарка на оба моста)	$12,0 / (8 \times 0,27)$	5,56	0,56
Т-150К			
Вариант А (одинарные, передний мост)	$5,2 / (2 \times 0,21)$	12,38	1,24
Вариант Б (спарка на передний мост)	$5,2 / (4 \times 0,21)$	6,19	0,62
Вариант В (спарка на оба моста)	$8,14 / (8 \times 0,21)$	4,85	0,49

Примечание. Расчеты автора. Площадь контакта для сдвоенных колес принята удвоенной по сравнению с одинарным колесом, что является допущением, так как в реальности из-за взаимного влияния шин она может быть несколько меньше.

Сравнение полученных значений с агротехническими нормативами показывает следующее. Для среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв в весенний период (влажность свыше 0,7 НВ) максимально допустимое давление составляет 80-100 кПа (0,8-1,0 кг/см²), для супесчаных почв норма увеличивается на 20% [3; 4]. Как видно из таблицы 2, тракторы с одинарными колесами (вариант А) превышают допустимые нормы в 1,5-1,8 раза даже для сухих почв. Установка сдвоенных колес на максимально нагруженный мост (вариант Б) позволяет снизить среднее давление в 2 раза для К-700 и для Т-150К, приближая его к нижней границе допустимых значений (0,6-0,75 кг/см²). Полный перевод на сдвоенные колеса (вариант В) для К-700 обеспечивает дальнейшее снижение давления до 0,56 кг/см², что соответствует требованиям для большинства типов почв.

Таким образом, применение сдвоенных колес позволяет снизить среднее давление на почву на 30-45% (в зависимости от схемы установки), что является существенным агротехническим улучшением.

3. Влияние на тяговые показатели и буксование

Увеличение площади контакта движителя с почвой при использовании сдвоенных колес приводит не только к снижению давления, но и к улучшению сцепных свойств трактора. Согласно исследованиям, проведенным на ХТЗ-150К-09 (аналог Т-150К), установка сдвоенных колес позволяет повысить тяговый коэффициент полезного действия (КПД) независимо от агрофона. На поле под посев максимальный тяговый КПД повысился с 0,52 до 0,58, что позволило увеличить тяговую мощность трактора на 11%. На стерневом фоне эти значения соответственно составили 0,60 и 0,67 при увеличении тяговой мощности с 79,2 до 85,5 кВт.

Повышение тягового КПД напрямую связано со снижением буксования. Для трактора К-700 на стерне буксование снижается с 12-15% до 8-10%, на вспаханном поле – с 18-22% до 12-14%. Исследования

Харьковского тракторного завода показали, что использование сдвоенных колес позволяет увеличить тяговое усилие без превышения допустимой величины буксования (15% по ГОСТ 27021-86) почти на 70% (42 кН вместо 25 кН). Это достигается благодаря тому, что сдвоенные колеса работают как единая шина с большой площадью контакта, что уменьшает удельную нагрузку на почву в пятне контакта и повышает касательную силу тяги.

Снижение буксования оказывает непосредственное влияние на производительность и расход топлива. Уменьшение буксования на 5% обеспечивает экономию топлива 3-5% и повышение выработки на 4-6%. По данным Окунева Г.А. и Кузнецова Н.А., сдвоенные колеса на тракторе ХТЗ-150К-09 увеличивают производительность посевного агрегата на 12% и снижают расход топлива на 11%.

Однако следует отметить и недостатки применения сдвоенных колес. Основными из них являются: увеличение ширины захвата трактора (колея становится шире), что требует согласования с шириной захвата почвообрабатывающих орудий; рост нагрузки на трансмиссию и ходовую часть; увеличение сопротивления качению на твердых почвах (из-за большей деформации шин и увеличенной массы неподрессоренных частей).

4. Агрономическая эффективность: влияние на урожайность

Влияние переуплотнения почвы на урожайность сельскохозяйственных культур является предметом многочисленных исследований. По данным В.А. Русанова, превышение допустимого давления на 0,2-0,3 кг/см² снижает урожайность зерновых культур на 2-3 ц/га (или 5-10%) [3]. Романюк Н.Н. и соавторы приводят данные о значительном изменении плотности почвы при воздействии ходовых систем и ее корреляции с продуктивностью растений [9].

Для оценки потенциальной агрономической эффективности перехода на сдвоенные колеса рассмотрим гипотетическое хозяйство с площадью пашни 5000 га, имеющее в своем составе 5 тракторов К-700 и 3 трактора Т-150К. Допустим, что сезонная загрузка одного трактора составляет 1000 га обрабатываемой площади (включая пахоту, культивацию, посев). Общая площадь, обрабатываемая этими тракторами, может достигать 8000 га (с учетом перекрытия операций). Примем консервативную оценку прибавки урожайности зерновых в размере 1,5 ц/га (0,15 т/га), что согласуется с данными В.А. Русанова, полученными для чернозёмов [3]. Тогда дополнительный валовой сбор составит:

$$8000 \text{ га} \times 0,15 \text{ т/га} = 1200 \text{ тонн зерна.}$$

При средней цене реализации зерна 12 000 руб./т дополнительный доход хозяйства составит:

$$1200 \text{ т} \times 12 \text{ 000 руб./т} = 14 \text{ 400 000 руб.}$$

Данная оценка является приблизительной, но она наглядно демонстрирует высокий агроэкономический потенциал мероприятий по снижению уплотнения почвы.

5. Экономическая оценка переоборудования

Экономическая эффективность переоборудования тракторов на сдвоенные колеса складывается из трех основных компонентов: затрат на переоборудование, экономии от снижения расхода топлива и дополнительного дохода от прибавки урожайности.

В таблице 3 представлен расчет затрат на переоборудование и срока окупаемости для одного трактора.

Таблица 3. Экономическая оценка переоборудования тракторов (в ценах 2024 г.)

Показатель	К-700	Т-150К
Затраты на переоборудование, руб.		
Стоимость дополнительных шин	$4 \times 90\,000 = 360\,000$	$4 \times 60\,000 = 240\,000$
Стоимость дисков и проставок	50 000	50 000
Монтажные работы	15 000	15 000
Итого затрат	425 000	305 000
Годовая экономия от снижения расхода топлива		
Годовая наработка, моточасов	1000	1000
Средний расход топлива, л/ч	32	22
Ожидаемая экономия топлива, %	4	5
Годовая экономия топлива, л	1280	1100
Цена топлива, руб./л	60	60
Экономия в денежном выражении, руб.	76 800	66 000
Дополнительный доход от прибавки урожая в расчете на 1 трактор, руб.*	1 800 000	1 800 000
Суммарный годовой экономический эффект, руб.	1 876 800	1 866 000
Срок окупаемости, лет	$425\,000 / 1\,876\,800 \approx 0,23$	$305\,000 / 1\,866\,000 \approx 0,16$

Примечание. Дополнительный доход от прибавки урожая в расчете на 1 трактор получен путем деления общего дохода для хозяйства (14,4 млн руб.) на общее количество тракторов (8 ед.).

Как показывают расчеты, срок окупаемости затрат на переоборудование составляет менее одного полевого сезона (2-3 месяца), что является исключительно высоким показателем экономической эффективности. Даже если не учитывать дополнительный доход от прибавки урожая (что возможно при оценке эффективности инвестиций в краткосрочном периоде), срок окупаемости только за счет экономии топлива составит 4,5-5,5 лет, что также является приемлемым для сельскохозяйственного производства.

6. Обсуждение и рекомендации

Проведенный анализ показывает, что применение сдвоенных колес на тракторах класса 5 является высокоэффективным агротехническим и экономическим мероприятием. При этом следует учитывать ряд особенностей.

Трактор Т-150К, благодаря меньшей массе демонстрирует не менее высокую, а в некоторых аспектах и большую эффективность от применения спаренных колес, чем более тяжелый К-700. Это объясняется меньшим типоразмером штатных шин и, соответственно, более существенным относительным увеличением площади контакта .

Наиболее целесообразно применение сдвоенных колес на следующих операциях:

- вспашка (особенно зяблевая и весновспашка на переувлажненных почвах);
- сплошная культивация и лушение стерни;
- посев по технологии минимальной обработки почвы.

На транспортных работах, выполняемых по дорогам с твердым покрытием или сухим полевым дорогам, использование сдвоенных колес нецелесообразно из-за повышенного износа шин, увеличенного сопротивления качению и расхода топлива. Оптимальной стратегией является использование быстросъемных соединений, позволяющих переоборудовать трактор за 1-2 часа в зависимости от вида предстоящих работ.

При установке сдвоенных колес необходимо обязательно согласовывать ширину колеи с шириной захвата почвообрабатывающих орудий. Для трактора К-700 ширина колеи со сдвоенными колесами может достигать 3,5-4,0 м, что требует применения широкозахватных плугов и культиваторов (не менее 4-5 м).

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Применение сдвоенных колес на тракторах класса 5 (К-700, Т-150К) позволяет снизить среднее давление на почву в 2-2,5 раза: для К-700 с 1,43 кг/см² до 0,56 кг/см², для Т-150К с 1,24 кг/см² до 0,49 кг/см², приближая его к агротехнически допустимым нормам (0,4-0,6 кг/см²) или соответствуя им.
2. Снижение давления уменьшает переуплотнение пахотного и подпахотного горизонтов, что способствует сохранению структуры почвы, улучшению ее водно-воздушного режима и, согласно литературным данным, может обеспечить повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 5-15%.
3. Увеличение площади контакта шин с почвой улучшает сцепные свойства трактора, снижает буксование на 3-7% (в зависимости от фона), повышает тяговый КПД на 10-12%, что ведет к росту производительности на 10-12% и экономии топлива на 4-11% [6; 1].
4. Экономическая эффективность переоборудования подтверждается расчетами: срок окупаемости затрат (305-425 тыс. руб. на трактор) составляет ≈0,2 года (2-3 месяца) при учете агрономического эффекта или 4,5-5,5 лет при учете только топливной экономии. Оба показателя являются приемлемыми для сельхозтоваропроизводителей.
5. Наиболее целесообразно применение сдвоенных колес на влажных почвах и при выполнении основных полевых работ (пахота, культивация, посев). На транспортных работах и в сухих условиях эффективность их применения снижается, поэтому рекомендуется использование быстросъемных конструкций.
6. Для трактора Т-150К эффект от спарки сопоставим или даже превышает эффект для К-700 из-за меньшего типоразмера штатных шин и меньшей массы.

7. Рекомендуется хозяйствам, эксплуатирующим тракторы класса 5 на значительных площадях, рассмотреть возможность частичного или полного перевода парка на сдвоенные колеса как малозатратного способа повышения агроэкологической и экономической эффективности производства.

Список литературы:

1. Скотников В.А., Мащенский А.А., Солонский А.С. Тракторы и автомобили. – М.: Агропромиздат, 2005. – 440 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002780077>.
2. ГОСТ 26955-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 8 с. URL: <https://rosstandart.msk.ru/gost/001.013.080.099/gost-26955-86/>.
3. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв ходовыми системами и пути ее решения. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000699404>.
4. Кулен А., Куиперс Х. Современная земледельческая механика. – М.: Агропромиздат, 1986. – 348 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001313994>.
5. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Влияние ходовых систем тракторов на уплотнение почвы // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 5. – С. 12-15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15258349>.
6. Окунев Г.А., Кузнецов Н.А. Влияние параметров колесного движителя трактора на технико-экономические показатели использования МТА // АПК России. – 2020. – Т. 27. – № 4. – С. 588-593. URL: <https://rusapk.sursau.ru/arhive/988/8239/>.
7. Трактор К-700. Руководство по эксплуатации. – Чебоксары: «Промтрактор», 2015. – 312 с.
8. Трактор Т-150К. Руководство по эксплуатации. – Харьков: ХТЗ, 2018. – 296 с.
9. Романюк Н.Н., Крук И.С., Орда А.Н., Шкляревич В.А., Ракова Н.Л., Воробей А.С. Уплотняющее воздействие ходовых систем тракторов на почву и обоснование путей его снижения // Агропанорама. – 2024. – № 5. – С. 5-11. DOI: 10.56619/2078-7138-2024-165-5-5-11. (дата обращения: 23.02.2026)

References:

1. Skotnikov V.A., Mashhenskij A.A., Solonskij A.S. Traktory i avtomobili. – M.: Agropromizdat, 2005. – 440 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002780077>.
2. GOST 26955-86. Tehnika sel'skhozjajstvennaja mobil'naja. Normy vozdejstvija dvizhitelej na pochvu. – M.: Izdatel'stvo standartov, 1986. – 8 s. URL: <https://rosstandart.msk.ru/gost/001.013.080.099/gost-26955-86/>.
3. Rusanov V.A. Problema pereuplotnenija pochv hodovymi sistemami i puti ee reshenija. – M.: VIM, 1998. – 368 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000699404>.
4. Kulen A., Kuipers H. Sovremennaja zemledel'cheskaja mehanika. – M.: Agropromizdat, 1986. – 348 s. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001313994>.
5. Parhomenko G.G., Parhomenko S.G. Vlijanie hodovyh sistem traktorov na uplotnenie pochvy // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2010. – № 5. – S. 12-15. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15258349>.

6. Okunev G.A., Kuznecov N.A. Vlijanie parametrov kolesnogo dvizhitelja traktora na tehniko-jekonomicheskie pokazateli ispol'zovanija MTA // APK Rossii. – 2020. – T. 27. – № 4. – S. 588-593. URL: <https://rusapk.sursau.ru/arhive/988/8239/>.

7. Traktor K-700. Rukovodstvo po jekspluatacii. – Cheboksary: «Promtraktor», 2015. – 312 s.

8. Traktor T-150K. Rukovodstvo po jekspluatacii. – Har'kov: HTZ, 2018. – 296 s.

9. Romanjuk N.N., Kruk I.S., Orda A.N., Shkljarevich V.A., Rakova N.L., Vorobej A.S. Uplotnjajushhee vozdejstvie hodovyh sistem traktorov na pochvu i obosnovanie putej ego snizhenija // Agropanorama. – 2024. – № 5. – S. 5-11. DOI: 10.56619/2078-7138-2024-165-5-5-11. (data obrashhenija: 23.02.2026)