

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Татаринцев В.Ю.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artemov A.V.

senior lecturer of the department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Kolyadin P.A.

assistant at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЖЕСТКОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ШИН НА ПОВЫШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА МИНИ-ТРАКТОРА УРАЛЕЦ-254

THE EFFECT OF STIFFNESS PARAMETERS OF VARIOUS TIRES ON IMPROVING THE SMOOTH RUNNING OF THE URALETS-254 MINI TRACTOR

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального определения радиальной жесткости базовой шины БЕЛ-186 и шины сверхнизкого давления ШАИНА-2, применяемых на мини-тракторе Уралец-254. Испытания выполнены на стенде СИХШ 2500-1000 при различных нормальных нагрузках и давлениях воздуха. Получены зависимости жесткости шин и рабочие диапазоны относительных деформаций. Установлено, что шины сверхнизкого давления характеризуются существенно меньшей радиальной жесткостью, что создает предпосылки для снижения вибронегативности и повышения плавности хода мини-трактора. Полученные результаты могут быть использованы при выборе шин и при построении моделей динамики машинно-тракторных агрегатов.

Abstract. In the article, the results of experimental determination of the radial stiffness of the baseline BEL-186 tire and the ultra-low-pressure SHAINA-2 tire used on the Uralets-254 mini tractor are presented. The tests were carried out on the SIHSh 2500-1000 test bench under various

normal loads and inflation pressures. The stiffness characteristics and operating ranges of relative deformations were obtained. It was found that ultra-low-pressure tires exhibit significantly lower radial stiffness, which creates prerequisites for reducing operator vibration exposure and improving the ride smoothness of the mini tractor. The obtained results can be used for tire selection and for developing dynamic models of tractor–implement systems.

Ключевые слова: плавность хода, жесткость шин, мини-трактор, упругие свойства, давление воздуха в шинах.

Keywords: smooth running, tire stiffness, minitractor, elastic properties, tire air pressure.

Введение

Плавность хода является одним из ключевых показателей комфорта и безопасности эксплуатации сельскохозяйственной техники, в том числе и мини-тракторов [7]. Мини-трактор Уралец-254 (рис. 1) широко используется в малогабаритном и интенсивном сельском хозяйстве благодаря своей универсальности и маневренности. В современных условиях повышения эффективности работы оператора и надежности машин во многом зависит от оптимизации их вибрационных и динамических характеристик [3]. Особое значение при этом приобретает выбор шин, которые выступают в роли первичного элемента амортизации и взаимодействия с опорным основанием [5].



Рисунок 1 – Общий вид мини-трактора Уралец-254

Упругие свойства шин напрямую влияют на формирование динамических нагрузок в системе «опорное основание – шина – ось – рама – сиденье оператора» и, следовательно, на показатели плавности хода. В последние годы все больше внимания уделяется применению шин сверхнизкого давления, отличающихся большим объемом и меньшей радиальной жесткостью [4, 10, 11]. Та-

кие шины способны обеспечивать существенное снижение динамических нагрузок на элементы машины, увеличение пятна контакта и снижение давления на почву, что особенно важно для сельскохозяйственных мини-тракторов, эксплуатируемых в условиях ограниченной несущей способности грунтов [2].

В этой связи представляется актуальным проведение экспериментального определения радиальной и крутильной жесткости шин, применяемых на мини-тракторе Уралец-254, и анализ их влияния на предпосылки формирования вибрационных воздействий при его эксплуатации [8]. Настоящая работа направлена на получение таких данных и расширение методической базы расчета динамики малогабаритных тракторов при использовании различных типов шин [9].

Цель исследования

Целью исследования является экспериментальное определение радиальной и крутильной жесткости базовой шины БЕЛ-186 и шины сверхнизкого давления ШАИНА-2 мини-трактора Уралец-254 и анализ их влияния на предпосылки повышения плавности хода

Объект исследования

В качестве объектов исследования были выбраны шина сверхнизкого давления размерностью 900x500-16 модели ШАИНА-2 и базовая шина размерностью 11.2R-24 модели БЕЛ-186, устанавливаемые на мини-трактор Уралец-254 (рис. 2).



а



б

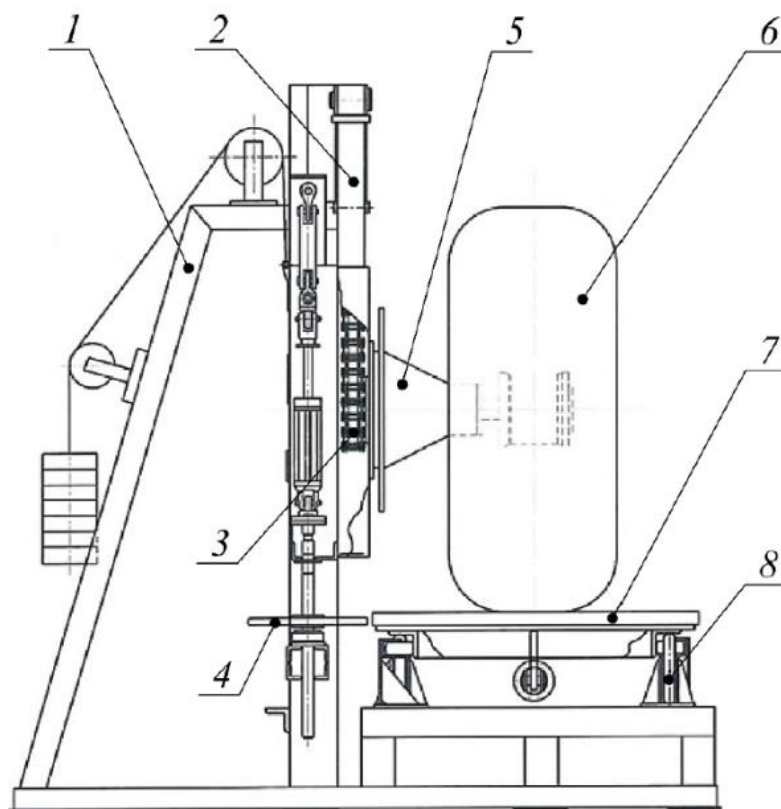
а – стандартная шина 11.2R-24 модели БЕЛ-186;
б – шина сверхнизкого давления 900x500-16 модели ШАИНА-2

Рисунок 2 – Фрагмент испытаний шин на стенде СИХШ 2500-1000

Методы и материалы исследования

Стендовые испытания проводились с целью определения упругих характеристик шин при различных значениях внутришинного давления. Лабораторный метод выбран благодаря высокой воспроизводимости условий, стабильности нагружения и возможности корректного сравнения шин разных типов [1].

Испытания выполнялись в соответствии с «Единой методикой испытаний и оценки тракторных шин в лабораторных и полевых условиях» на универсальном стенде СИХШ 2500-1000 (рис. 3). Стенд обеспечивает заданное нормальное нагружение колеса, измерение вертикальных деформаций и регистрацию параметров нагружения в статическом режиме.



1 – станина; 2 – каретка; 3 – цепь механизма крутящего момента; 4 – винт нормальной нагрузки; 5 – полуось; 6 – колесо с шиной; 7 – опорная поверхность (стол); 8 – катки стола

Рисунок 3 – Конструкция стенда для испытания шин

В план проведения эксперимента входило определение радиальной жесткости двух образцов шин: базовой шины БЕЛ-186 и шины сверхнизкого давления ШАИНА-2. Каждая шина подвергалась радиальной обжимке в диапазоне нормальных нагрузок, рекомендованных заводом-изготовителем. Значения внутришинного давления варьировались от нижнего предела, соответствующе-

го началу потери устойчивости формы боковины под эксплуатационной нагрузкой трактора Уралец-254, до верхнего предела, установленного техническими характеристиками шин.

Для каждого режима нагружения регистрировалась зависимость вертикальной деформации шины от прилагаемой нагрузки. Радиальная жесткость определялась по результатам аппроксимации нагрузочной характеристики в соответствии с выражением согласно ГОСТ 17697-72:

$$C_z = \frac{\Delta F}{\Delta h_z}, \text{ кН/м}$$

где ΔF – изменение нормальной нагрузки, Δh – вертикальная деформация.

Испытания проводились на неподвижной опорной плите стенда с фиксированной скоростью нагружения. Для повышения достоверности данных каждый режим повторялся не менее трех раз с последующим усреднением результатов.

Полученные экспериментальные зависимости использовались для построения нагрузочных характеристик и определения рабочих диапазонов относительных деформаций исследуемых шин [6].

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам стендовых испытаний получены нагрузочные характеристики исследуемых шин и определены их упругие параметры при различных значениях внутришинного давления. На рисунке 4 представлена зависимость радиальной жесткости шины Бел-186 при различном внутришинном давлении. Результаты расчета радиальной жесткости шины Бел-186 представлены в таблице 1.

Анализ зависимости (рис. 4) указывает на монотонность изменения радиальной жесткости шины с ростом внутришинного давления.

Таблица 1 – Результаты определения радиальной жесткости шины Бел-186

Параметр	Значение							
P_w , кПа	60	80	100	120	160	180	220	250
C_z , кН/м	189,39	218,69	244,50	267,84	309,27	328,03	362,65	386,59

Результаты определения радиальной жесткости шины ШАИНА-2 представлены в таблице 2, а зависимость радиальной жесткости от внутришинного давления изображена на рисунке 5.

Рабочий диапазон относительных деформаций шины ШАИНА-2 составляет 12 – 20 %, что соответствует внутреннему давлению 50 – 70 кПа при полной нагрузке и 20 – 40 кПа при частичной нагрузке.

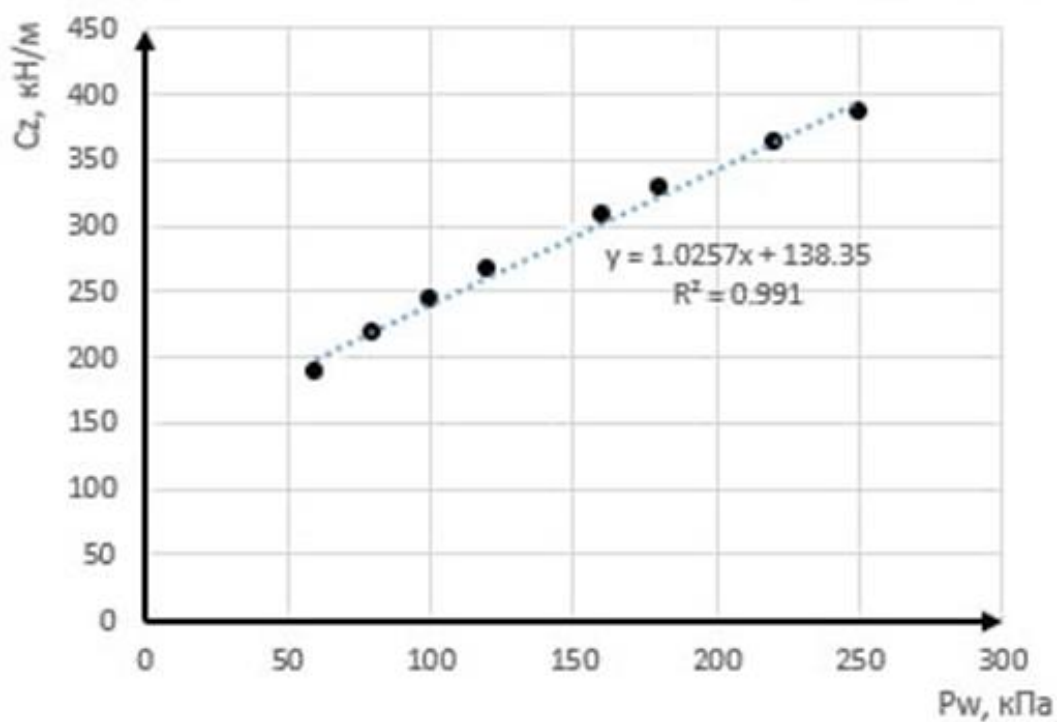


Рисунок 4 – Зависимость радиальной жесткости шины Бел-186 от внутришинного давления

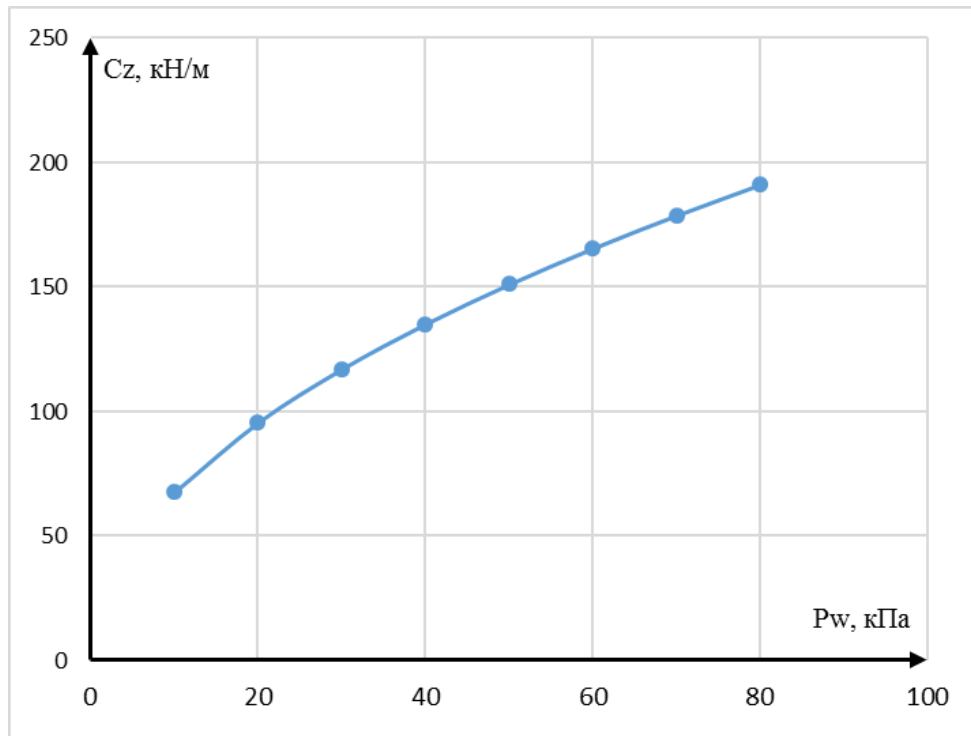


Рисунок 5 – Зависимость радиальной жесткости шины ШАИНА-2 от внутришинного давления

Таблица 2 – Результаты определения радиальной жесткости шины ШАИНА-2

Параметр	Значение							
P_w , кПа	10	20	30	40	50	60	70	80
C_z , кН/м	67,58	95,58	117,06	135,17	151,12	165,55	178,8	191,16

Полученные значения находятся в пределах, допустимых производителем, и обеспечивают устойчивость формы боковины при реальных эксплуатационных нагрузках на тракторе.

Сравнение характеристик двух шин показывает, что применение шины сверхнизкого давления приводит к снижению радиальной жесткости в 1,8-2,2 раза по сравнению с базовой шиной БЕЛ-186 при сопоставимых значениях нормальной нагрузки. Такое снижение жесткости является важным фактором с точки зрения формирования динамических нагрузок в системе «опорное основание – колесо – ось – трактор». Уменьшение жесткости приводит к увеличению упругих деформаций шины и снижению уровня передаваемых на раму высокочастотных вибраций, что создает предпосылки для повышения плавности хода и уменьшения вибронагруженности сиденья оператора.

Экспериментальные исследования подтверждают, что использование шин сверхнизкого давления на мини-тракторе Уралец-254 является технически оправданным с позиций формирования благоприятных динамических режимов работы машины. Радикальное снижение радиальной жесткости по сравнению с базовой шиной БЕЛ-186 позволяет рассматривать шину ШАИНА-2 как эффективное средство повышения плавности хода и снижения вибрационного воздействия на оператора при эксплуатации мини-трактора в сельскохозяйственных условиях.

Выводы

1. По результатам стендовых испытаний определена радиальная жесткость шин БЕЛ-186 и ШАИНА-2, при различных значениях внутришинного давления. Шина сверхнизкого давления обладает вдвое меньшей жесткостью по сравнению с базовой шиной в пределах эксплуатационных нагрузок трактора.

2. Снижение радиальной жесткости при использовании шины ШАИНА-2 создает предпосылки для уменьшения вибрационных воздействий, передаваемых на раму мини-трактора Уралец-254. Это указывает на потенциал повышения плавности хода и улучшения условий работы оператора в сельскохозяйственных режимах эксплуатации.

3. Дальнейшие исследования целесообразно направить на прямую оценку вибронагруженности сиденья оператора и динамических показателей мини-трактора при установке различных типов шин. Перспективным также является моделирование динамики в системе «трактор – шина – почва» и анализ влияния упругих характеристик шин на эффективность выполнения технологических операций.

Список литературы

1. Блажинский В.Р. Разработка и реализация метода определения зависимостей радиальной жесткости автомобильных шин // XXIV Региональная конференция молодых ученых и исследователей Волгоградской области. Сборник материалов конференции. 2020. С. 148.
2. Захаров Н.Е. Увеличение проходимости мотоблока с помощью комбинированного колеса // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Ижевск, 2020. С. 1309-1315.
3. Кручинин П.А. Исследование колебаний человека при спокойном стоянии. Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2018. С. 21-23.
4. Лукьянчук А.Д. Безопасность транспортных средств. Минск. БНТУ, 2012. С. 88-90.
5. Мазур В.В. Повышение плавности хода автотранспортных средств внутренним подпрессориванием колес. Москва. 2004. С. 18-22.
6. Максимов Е.А., Устиновский Е.П. Исследование радиальной жесткости и демпфирующих свойств шины трактора при ударных нагрузках // Вестник НГИЭИ. 2020. № 4 (107). С. 16-23.
7. Оболенский В.А., Маков П.В., Спицын А. В. К вопросу повышения плавности хода подвижного состава специального назначения // Инновационные технологии в электронике и приборостроении: сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2021. С. 283-286.
8. Оценка вибронагруженности остова мини-трактора Уралец-254. Мураткин С.Е., Татаринцев В.Ю., Колядин П.А., Артемов А.В., Прядкин В.И.
В сборнике: Автотракторная отрасль России: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской студенческой научной конференции. Воронеж, 2025. С. 55-70.
9. Повышение плавности хода мини-трактора уралец-254. Мураткин С.Е., Колядин П.А., Татаринцев В.Ю., Школьных А.В., Артемов А.В., Прядкин В.И. В сборнике: Перспективные направления развития автомобильной отрасли и подготовка кадров. Материалы Всероссийской научной конференции. Воронеж, 2024. С. 79-88.
10. Ряполов В.А., Чешуина Т.Г. Формообразование в конструкциях средств малой механизации // Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирский государственный аграрный университет. 2020. С. 86-89.
11. Руктешель О.С. Плавность хода автомобиля. Минск. БНТУ, 2021. С. 61.

References

1. Blazhinsky V.R. Development and implementation of a method for determining the dependencies of radial stiffness of automobile tires // XXIV Regional Conference of young scientists and researchers of the Volgograd region: collection of conference materials. 2020. P. 148.
2. Zakharov N.E. Increasing the cross-country ability of the tillerblock using a combined wheel // Scientific works of students of Izhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk, 2020. pp. 1309-1315.

3. Kruchinin P.A. Investigation of human vibrations when standing still. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2018. pp. 21-23.
4. Lukyanchuk A.D. Vehicle safety. Minsk: BNTU, 2012. pp. 88-90.
5. Mazur V.V. Improving the smooth running of motor vehicles by internal wheel springing. Moscow. 2004. pp. 18-22.
6. Maksimov E.A., Ustinovsky E.P. Investigation of radial stiffness and damping properties of tractor tires under shock loads // Bulletin of the NGIEI. 2020. No. 4 (107). pp. 16-23. 9. 283-286.
7. Obolensky V.A., Makov P.V., Spitsyn A.V. On the issue of improving the smooth running of special-purpose rolling stock // Innovative technologies in electronics and instrumentation: collection of reports of the Russian Scientific and Technical Conference with international participation. Moscow, 2021. pp.
8. Assessment of vibration load on the skeleton of the Uralets-254 minitractor. Muratkin S.E., Tatarintsev V.Yu., Kolyadin P.A., Artyomov A.V., Pryadkin V.I. In the collection: Russian automotive industry: problems and prospects. Materials of the All-Russian Student Scientific Conference. Voronezh, 2025. pp. 55-70.
9. Improving the smooth running of the Uralets -254 minitractor. Muratkin S.E., Kolyadin P.A., Tatarintsev V.Yu., Shkolnykh A.V., Artyomov A.V., Pryadkin V.I. In the collection: Promising directions for the development of the automotive industry and personnel training. Materials of the All-Russian Scientific Conference. Voronezh, 2024. pp. 79-88.
10. Ryapolov V.A., Cheshuina T.G. Shaping in the structures of small-scale mechanization // Theory and practice of modern agricultural science. Collection of the III national (All-Russian) scientific conference with international participation. Novosibirsk State Agrarian University. 2020. pp. 86-89.
11. Rukteshel O.S. Smooth running of the car. Minsk. BNTU, 2021. P. 61.