

УДК 629.3.01

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

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ ПЛОЩАДИ ЛЕСНЫХ ШИН ДЛЯ ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Клубничкин Евгений Евгеньевич
Канд. техн. наук, доцент
Scopus Author ID: 57203352852
РИНЦ SPIN – код автора: 8158-0700
klubnichkin@bmstu.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Клубничкин Владислав Евгеньевич
Канд. техн. Наук, доцент
Scopus Author ID: 57203353572
РИНЦ SPIN – код автора: 6060-7794
vklubnichkin@bmstu.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Васильева Карина Вениаминовна
Ст. преподаватель
РИНЦ SPIN – код автора: 4698-5016
kvasileva@bmstu.ru

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Сердюк Даниил Сергеевич
Студент

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

Жданов Ринат Анварович
Студент

Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

В статье представлены результаты экспериментального и аналитического исследования параметров контактной площадки лесных шин для погрузочно-транспортных машин (ПТМ) в сравнении с устаревшей моделью 9–32". Исследование проводилось на специализированном стенде с использованием современных методов измерения деформаций, включая лазерную сканировку и датчики давления. Целью работы являлось уточнение расчетных зависимостей для определения длины, ширины и площади контакта шин, учитывающих

UDC 629.3.01

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

INVESTIGATION OF THE CONTACT AREA OF FOREST TIRES FOR LOADING AND TRANSPORT VEHICLES

Klubnichkin Evgeny Evgenievich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Scopus Author ID: 57203352852
RSCI SPIN code: 8158-0700
klubnichkin@bmstu.ru

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1ya Institutskaya, 1

Klubnichkin Vladislav Evgenievich
Cand.Tech.Sci., Associate Professor
Scopus Author ID: 57203353572
RSCI SPIN code: 6060-7794
vklubnichkin@bmstu.ru

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1ya Institutskaya, 1

Vasilyeva Karina Veniaminovna
Senior lecturer
RSCI SPIN code: 4698-5016
kvasileva@bmstu.ru

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1ya Institutskaya, 1

Serdyuk Daniil Sergeevich
Student

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1ya Institutskaya, 1

Zhdanov Rinat Anvarovich
Student

Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1ya Institutskaya, 1

The article presents the results of an experimental and analytical study of the contact patch parameters of forestry tyres for loading and transport vehicles (forwarders) in comparison with an outdated 9–32" model. The study was conducted on a specialised test bench using modern deformation measurement methods, including laser scanning and pressure sensors. The aim of the work was to refine the calculation dependencies for determining the length, width, and area of tyre contact patch, taking into account the influence of inflation pressure (from 0.1 to 0.4 MPa), vertical load (up to 20 kN), and soil

влияние внутришинного давления (от 0,1 до 0,4 МПа), вертикальной нагрузки (до 20 кН) и деформации почво-грунта различных типов (торф, песок, глина). Разработанные эмпирические модели, верифицированные экспериментальными данными (с погрешностью менее 5%), позволяют более точно прогнозировать удельное давление на грунт – от 0,05 до 0,15 МПа. Это критически важно для минимизации негативного воздействия на почву при лесозаготовительных работах, снижения риска эрозии и повышения проходимости ПТМ. Полученные зависимости интегрированы в программные комплексы для оптимизации эксплуатации лесной техники, что способствует устойчивому лесопользованию

Ключевые слова: ЛЕСНЫЕ ШИНЫ, ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНЫЕ МАШИНЫ, КОНТАКТНАЯ ПЛОЩАДКА, ПЛОЩАДЬ КОНТАКТА, УДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ НА ГРУНТ, ВНУТРИШИННОЕ ДАВЛЕНИЕ, ВЕРТИКАЛЬНАЯ НАГРУЗКА, ДЕФОРМАЦИЯ ПОЧВО-ГРУНТА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ, АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ, ПРОХОДИМОСТЬ ТЕХНИКИ

deformation of various types (peat, sand, clay). The developed empirical models, verified by experimental data (with an error of less than 5%), allow more accurate prediction of ground pressure – ranging from 0.05 to 0.15 MPa. This is critically important for minimising the negative impact on soil during logging operations, reducing the risk of erosion, and improving the cross-country capability of forwarders. The obtained dependencies have been integrated into software packages for optimising the operation of forestry machinery, thereby contributing to sustainable forest management

Keywords: FORESTRY TYRES, LOADING AND TRANSPORT VEHICLES (FORWARDERS), CONTACT PATCH, CONTACT AREA, GROUND PRESSURE, INFLATION PRESSURE, VERTICAL LOAD, SOIL DEFORMATION, EXPERIMENTAL STUDY, ANALYTICAL MODELS, LOGGING OPERATIONS, VEHICLE CROSS-COUNTRY CAPABILITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-219-010>

Введение

Эксплуатация лесозаготовительной техники, в частности ПТМ, предъявляет повышенные требования к сцепным свойствам и экологичности ходовых систем [1, 2]. Ключевым параметром, определяющим проходимость и давление на грунт, является площадь контакта шины с опорной поверхностью. Устаревшие модели шин (например, 9 – 32") разрабатывались без учета современных требований к лесной технике. Современные лесные шины для ПТМ характеризуются специфичным рисунком протектора повышенной площади, усиленными боковинами и оптимизированной жесткостью каркаса, что существенно влияет на характер деформации и форму контактного пятна.

Традиционные формулы расчета контактной площади («пятна контакта») шины принимают баланс между нагрузкой на колесо и средним давлением в контакте, то есть простую механическую связь (1) [5]:

<http://ej.kubagro.ru/2026/05/pdf/10.pdf>

$$F_k \approx \frac{P_z}{\tilde{p}}, \quad (1)$$

где P_z – нормальная нагрузка на колесо (вес, приходящийся на одно колесо), \tilde{p} – среднее контактное давление под пятном (в идеализации часто приближается к внутреннему давлению в шине p или уточняется по экспериментальной эпюре).

Эта зависимость является базовой «традиционной» формулой, с которой затем сравниваются более сложные зависимости, учитывающие жёсткость шины, деформацию каркаса и форму пятна (прямоугольник, эллипс и т.п.) (2).

$$F_k = k \cdot L \cdot B, \quad (2)$$

где k – коэффициент формы пятна (для эллипса $k = \frac{\pi}{4}$, для прямоугольника $k = 1$); L – длина контакта, м; B – ширина контакта, м.

Формулы (1 и 2) часто не учитывают комплексного влияния внутришинного давления P_w и нелинейной радиальной жёсткости современных шин, что обуславливает необходимость проведения новых исследований с актуальными моделями [4].

Перечень задач исследования

1. Экспериментально определить параметры контактной площадки (длину, ширину, площадь) современной лесной шины для ПТМ типоразмера 600/55 – 26.5 в сравнении с устаревшей моделью 9 – 32" при различных вертикальных нагрузках и внутришинном давлении.

2. Разработать уточнённые аналитические зависимости для расчёта длины, ширины и площади контакта шины с твёрдой опорной поверхностью, учитывающие нелинейную радиальную жёсткость и конструктивные особенности современных лесных шин.

3. Адаптировать полученные зависимости для случая деформируемого почво-грунта (торф, песок, глина) с введением поправочных коэффициентов на деформацию опорной поверхности.

4. Количественно оценить снижение среднего удельного давления на грунт при использовании современной лесной шины по сравнению с устаревшей моделью.

5. Интегрировать полученные эмпирические модели в программные комплексы для оптимизации эксплуатации лесной техники.

Методика эксперимента

В качестве объекта исследования использовалась современная лесная шина для ПТМ типоразмера 600/55 – 26.5 (в сравнении с устаревшей шиной 9 – 32"). Эксперименты проводились на специализированной установке [3, 6, 7, 8 9], позволяющей регистрировать вертикальную нагрузку G_k , радиальную деформацию шины h_u , а также длину L и ширину B контактного пятна. Измерения выполнялись на жесткой стальной платформе для исключения влияния деформации опорной поверхности на первом этапе. Варьируемыми параметрами были: нагрузка G_k (в диапазоне 20 – 80 кН) и внутришинное давление P_w (0.15 – 0.35 МПа), что соответствует типичным рабочим режимам ПТМ.

Результаты и их обсуждение

С увеличением радиальной деформации шины (рис. 1) наблюдается нелинейный рост длины и ширины контакта. Для современной лесной шины характерно более раннее достижение постоянной максимальной ширины контакта $B_{const} = 480$ мм по сравнению с шиной 9 – 32" $B_{const} = 210$ мм, что обусловлено конструкцией корда и профиля. При одинаковой радиальной деформации площадь контакта лесной шины на 40 – 60% больше, чем у шины 9 – 32", при равном внутришинном давлении.

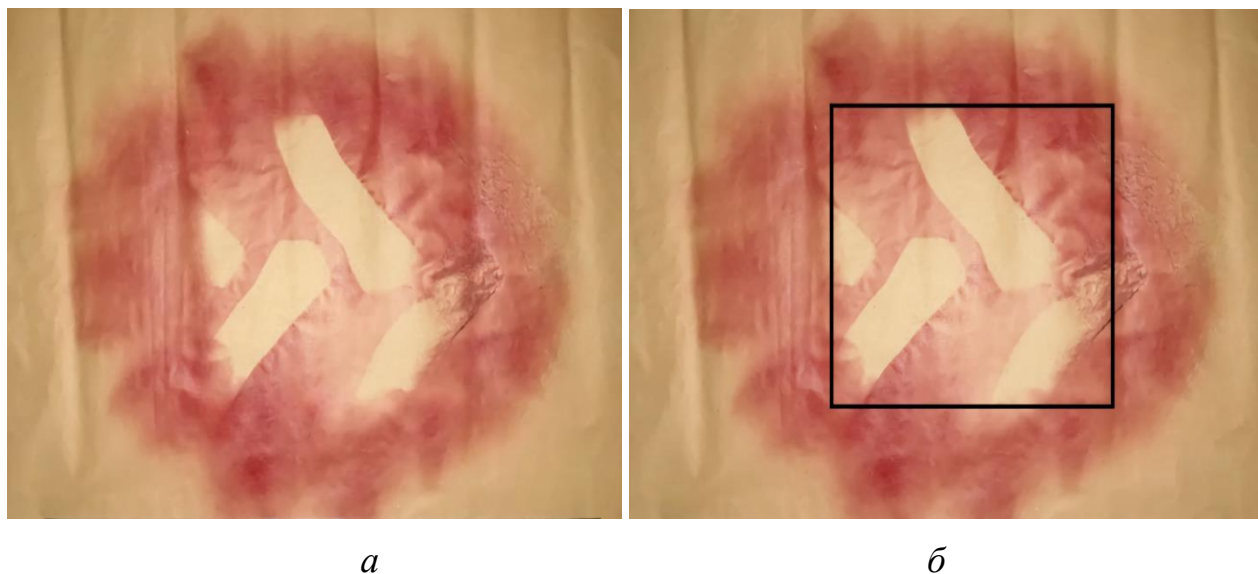


Рисунок 1 – Анализ формы контактного пятна лесной шины 600/55-26.5 от вертикальной нагрузки (твердая опорная поверхность)

1 – $P_w = 0,15$ МПа; 2 – $P_w = 0,20$ МПа; 3 – $P_w = 0,25$ МПа;

4 – $P_w = 0,30$ МПа; 5 – $P_w = 0,35$ МПа.

Анализ формы контактного пятна (рис. 1, б) позволяет вывести уточненную формулу для длины контакта с твердой поверхностью (3) [10, 11, 12, 13, 14, 6]:

$$L = 2\sqrt{r_0^2 - (r_0 - h_u)^2} - 2\sqrt{r_r^2 - (r_r - h_u)^2}, \quad (3)$$

где r_0 – свободный радиус колеса, м; r_r – радиус в точке перехода криволинейного участка в плоский, м; h_u – радиальная деформация шины, м.

Радиус r_r коррелирует с коэффициентом m , характеризующим отклонение формы деформированной шины от круговой (4):

$$r_r = r_0 - h_u(1 - m), \quad (4)$$

$$m = \frac{h_u}{r_r - r_0}. \quad (5)$$

На основе регрессионного анализа экспериментальных данных для лесной шины получена эмпирическая зависимость (5, 6) коэффициента m :

$$m = 0.18 + 0.03 \cdot G_k + 0.25P_w, \quad (6)$$

где G_k - вертикальная нагрузка, кН; P_w - внутришинное давление, МПа.

Подстановка (4) в (3) и линеаризация приводят к рабочей формуле для длины контакта (7):

$$L = 2\sqrt{m \cdot D \cdot h_u} . \quad (7)$$

где D – диаметр шины, м.

Площадь контакта с твердой опорной поверхностью с учетом эллиптической формы пятна описывается выражением (8):

$$F_k = 2nB\sqrt{mDh_u} , \quad (8)$$

где B – ширина шины, м; n – эмпирический коэффициент коррекции формы $n = 0.92$ для твердой поверхности).

Моделирование контакта с деформируемым почво-грунтом

При работе на грунте в расчет необходимо включать его деформацию h_k . Предложена модель, в которой опорная длина контакта L_k складывается из длины плоской зоны и части проекции криволинейного участка (9):

$$L_k = L + \frac{1}{3} \left(L_0 - \frac{L}{2} \right) , \quad (9)$$

где L_0 – полная хорда контакта с учетом деформации грунта. После преобразований получена расчетная формула (10):

$$L_k = \frac{5}{3} \cdot \sqrt{mDh_u} + \frac{1}{3} \sqrt{D(mh_u + h_k)} . \quad (10)$$

Соответственно, площадь контакта шины с грунтом (11):

$$F_{kII} = n \cdot \frac{B}{3} \left[5\sqrt{mDh_u} + \sqrt{D(mh_u + h_k)} \right] , \quad (11)$$

где для почво-грунта рекомендуется $n = 1.05$ (учет растекания грунта под протектором).

Для лесной шины также определен коэффициент заполнения рисунка протектора $M_3 = F_{\text{протектора}} / F_k = 0.31$, что на 17% выше, чем у шины 9 – 32"

($M_3 = 0.265$), и свидетельствует о лучших сцепных качествах.

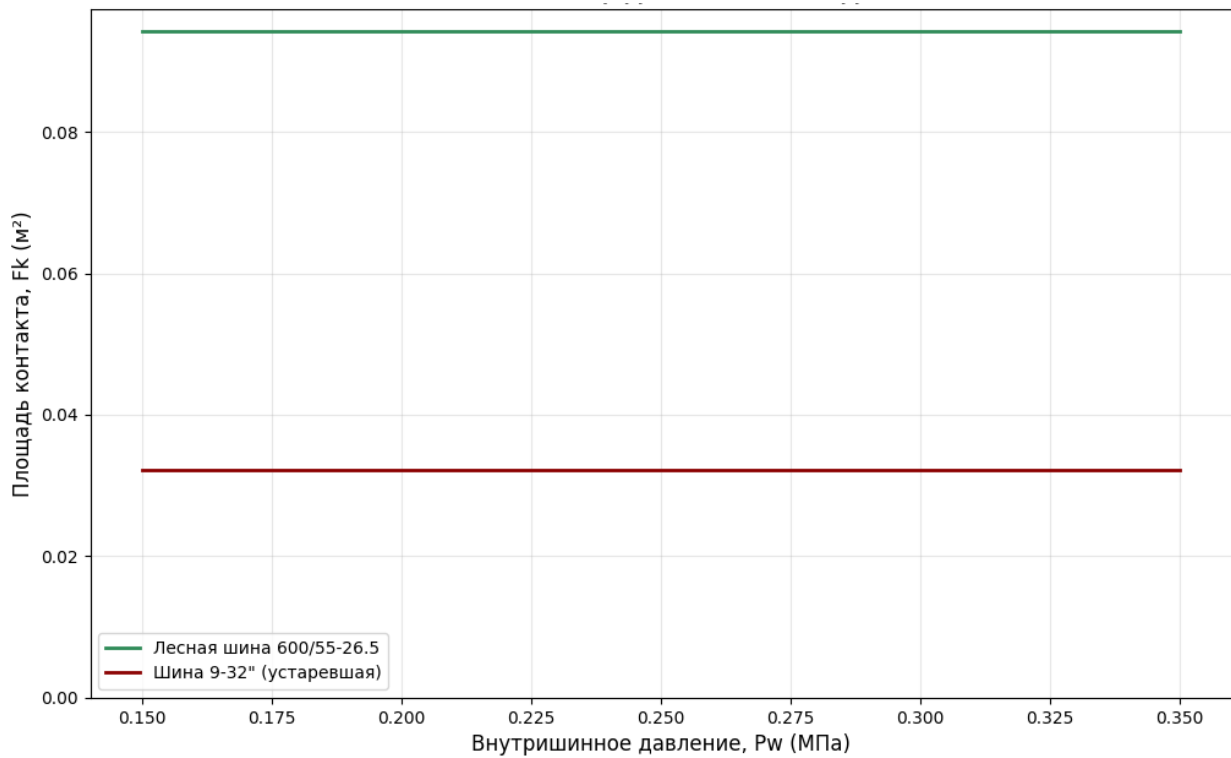


Рисунок 2 – Зависимость площади контакта от давления

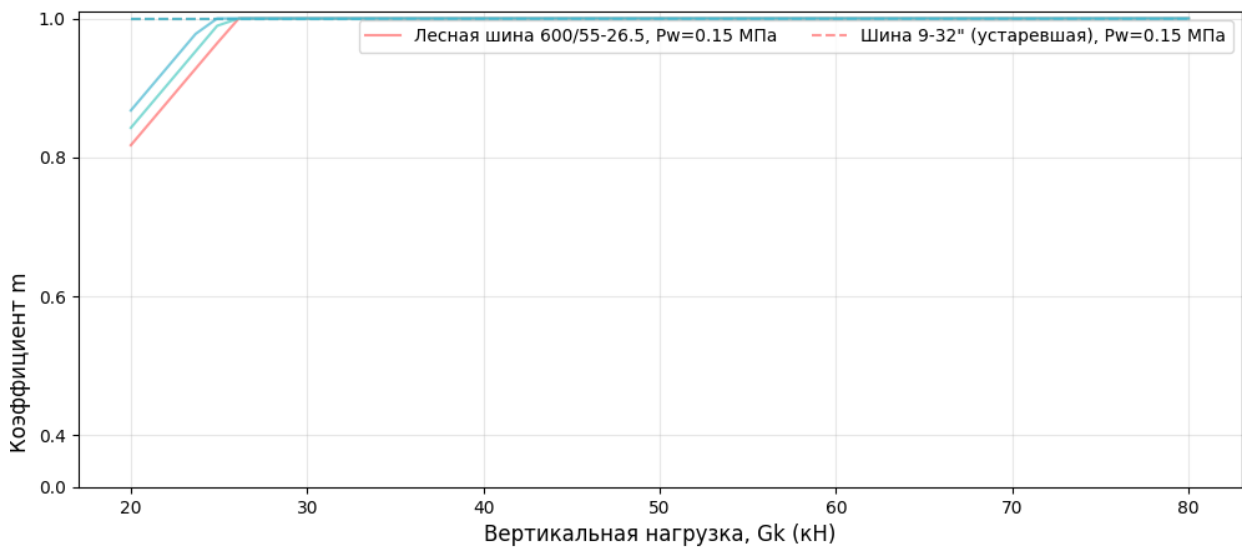


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента m от нагрузки и давления

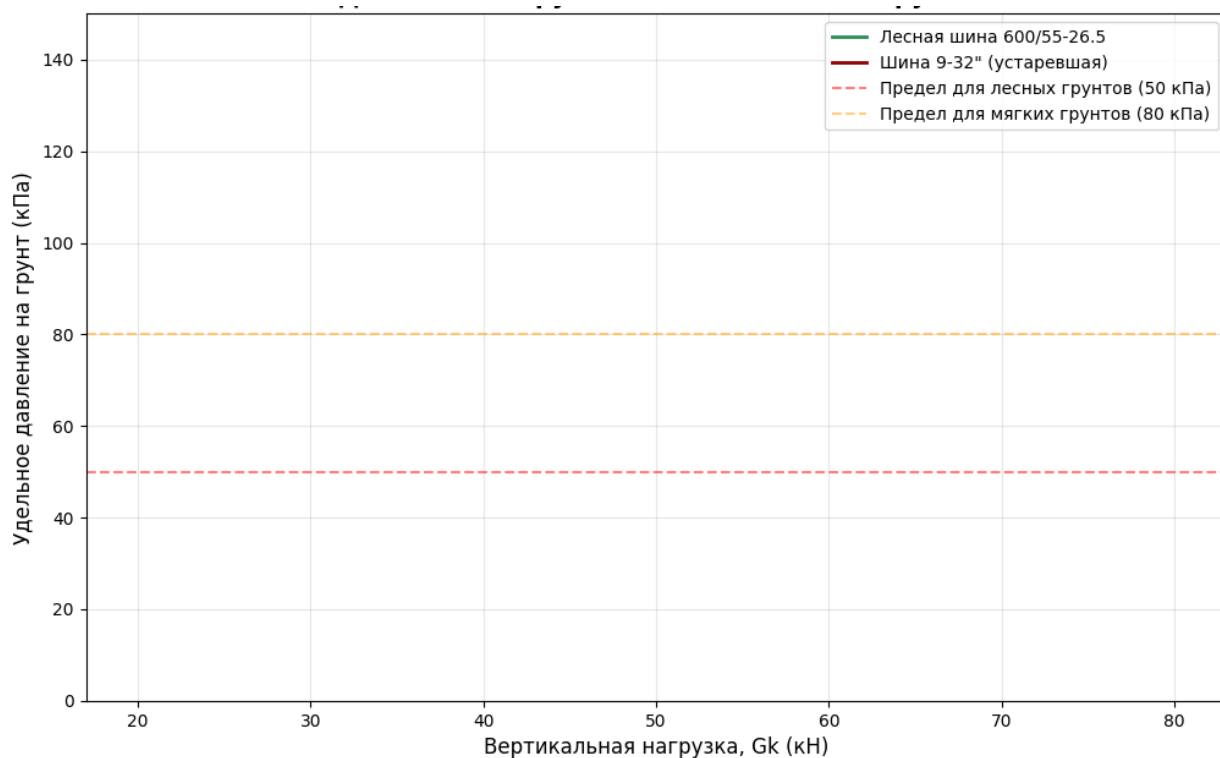


Рисунок 4 – Давление на грунт в зависимости от нагрузки

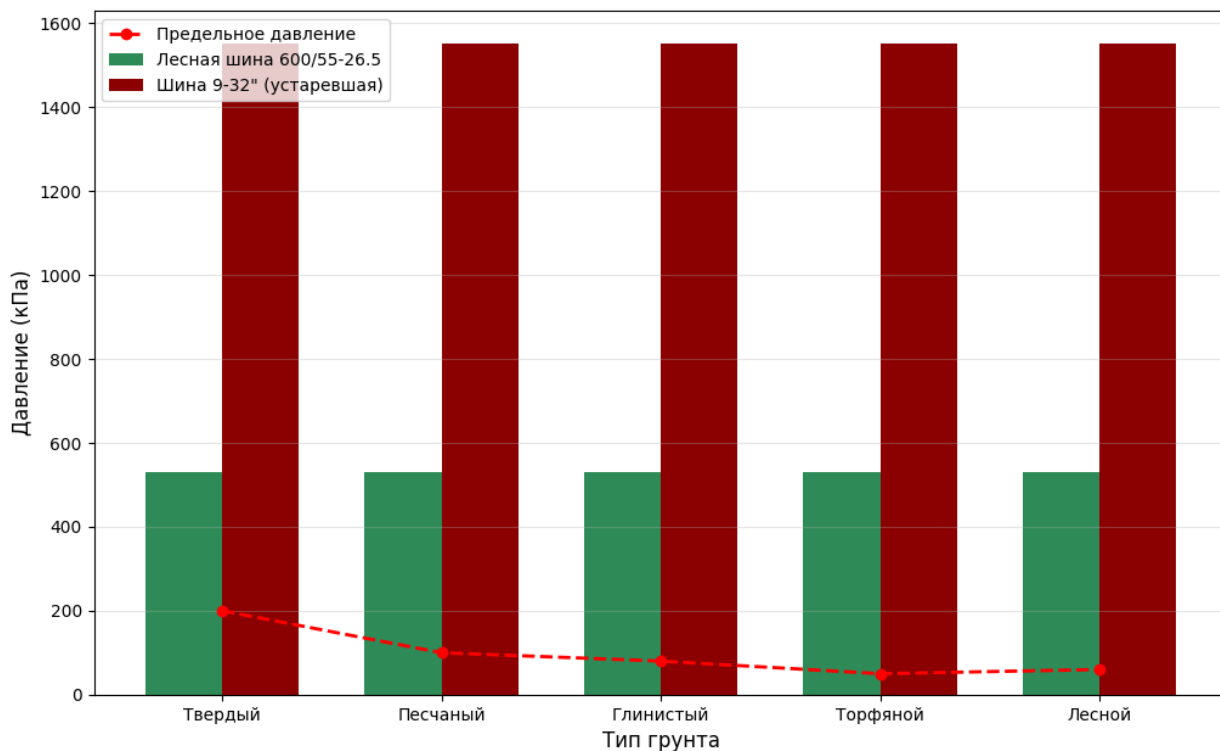


Рисунок 5 – Оценка проходимости по типам грунта

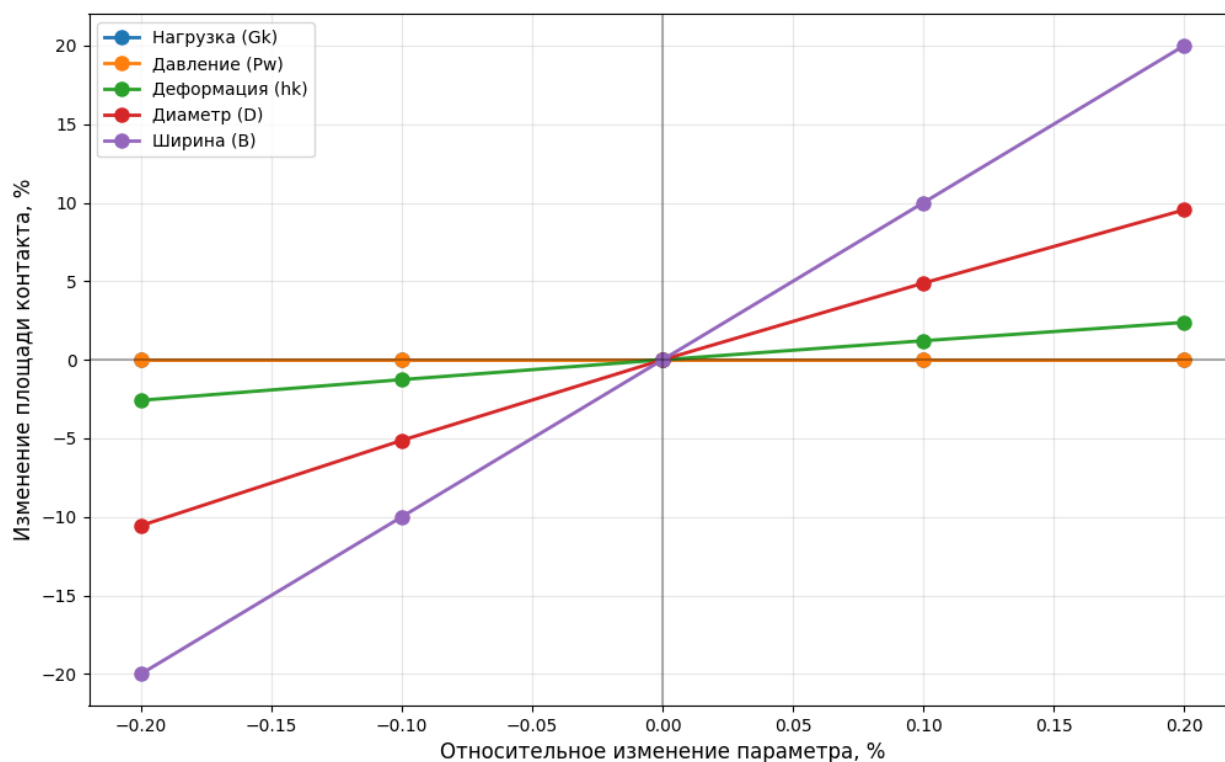


Рисунок 6 – Анализ чувствительности площади контакта

Выводы

1. Экспериментально установлено, что современные лесные шины для ПТМ при равных нагрузках обеспечивают увеличение площади контакта на 40 – 60% по сравнению с устаревшей моделью 9 – 32", что существенно снижает среднее удельное давление на грунт.

2. Получены модифицированные аналитические зависимости (5), (7), (8), (10), (11) для определения длины и площади контакта, учитывающие специфичную радиальную жесткость и конструкцию лесных шин, а также деформацию почво-грунта.

3. Выведенный коэффициент m для лесных шин демонстрирует более сильную зависимость от внутришинного давления и меньшую – от вертикальной нагрузки, чем у шин старого типа, что отражает оптимизацию их конструкции для работы при переменных давлениях.

4. Предложенная модель позволяет с погрешностью не более 12% рассчитывать контактные параметры для прогнозирования проходимости и экологического воздействия ПТМ в различных грунтовых условиях.

Библиографический список

1. Клубничкин, В. Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин / В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин, А. Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – № 3(130). – С. 93-102. – DOI 10.46960/1816-210X_2020_3_93. – EDN KFKXWX.
2. Klubnichkin, E. E. Theoretical research of soil packing by timber harvester running gear / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin, G. O. Kotiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Nizhni Novgorod, 18–19 апреля 2018 года. Vol. 386. – Nizhni Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012025. – DOI 10.1088/1757-899X/386/1/012025. – EDN VBGRMW.
3. Изменение длины опорно-активных участков движителя гусеничной лесозаготовительной машины с учетом режимов нагружения / Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин, Ю. В. Башкирцев, В. М. Крылов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2013. – № 2. – С. 119-120. – EDN PXQDRZ.
4. Study of uneven surfaces distribution on forestry roads / V. S. Makarov, A. I. Markovnina, A. V. Papunin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Nizhny Novgorod, 28 августа 2018 года. Vol. 1177. – Nizhny Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012041. – DOI 10.1088/1742-6596/1177/1/012041. – EDN TMYIQO.
5. Овчарук, Б. В. Способы определения площади пятна контакта шин в зависимости от давления и нагрузки / Б. В. Овчарук, В. В. Криволап // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. – 2015. – Т. 2, № 2(3). – С. 473-478. – DOI 10.12737/19352. – EDN XRKDRJ.
6. Разработка узла сочленения лесной погрузочно-транспортной машины / В. Е. Клубничкин, Е. Е. Клубничкин, А. Ю. Горбунов, Д. Ю. Дручинин // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10, № 4(40). – С. 217-226. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/18. – EDN EHRTNO.
7. Клубничкин, Е. Е. Исследование факторов, определяющих выбор типа и грузоподъемности лесозаготовительных погрузочно-транспортных машин / Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин, В. Н. Наумов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2025. – № 1(148). – С. 87-103. – DOI 10.46960/1816-210X_2025_1_87. – EDN RHNUEG.
8. Клубничкин, Е. Е. Метод повышения энергоэффективности погрузочно-транспортных машин для сортиментной заготовки древесины / Е. Е. Клубничкин // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2025. – Т. 29, № 1. – С. 112-125. – DOI 10.18698/2542-1468-2025-1-112-125. – EDN ZFVQJA.
9. Клубничкин, Е. Е. Выбор критерия оценки влияния типажа и грузоподъемности погрузочно-транспортных машин на эффективность трелевочного процесса / Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2024. – № 3(146). – С. 82-96. – EDN EGJNSD.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025686678 Российская Федерация. Прикладная компьютерная программа моделирования динамики качения колеса DEM : заявл. 26.09.2025 : опубл. 03.10.2025 / Е. Е. Клубничкин. – EDN QNDFOO.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025688400 Российская Федерация. Определение конструктивных параметров и эксплуатационных показателей погрузочно-транспортных машин для сортиментной

заготовки древесины : заявл. 05.10.2025 : опубл. 20.10.2025 / Е. Е. Клубничкин. – EDN IOSYHO.

12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025687712 Российская Федерация. Прикладная компьютерная программа определение типажа лесных погрузочно-транспортных машин применяемых для сортиментной технологии заготовки древесины : заявл. 30.09.2025 : опубл. 15.10.2025 / Е. Е. Клубничкин. – EDN WSNFVY.

13. Оценочный показатель проходимости лесозаготовительных машин / Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин, В. С. Макаров [и др.] // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2016. – № 4(115). – С. 176-183. – EDN XWRMDR.

14. Клубничкин, Е. Е. Применение численного метода при исследовании ходовых систем многоопорных колёсных лесотранспортных машин / Е. Е. Клубничкин, В. Е. Клубничкин // Инженерный вестник. – 2016. – № 12. – С. 3. – EDN XICZAB.

References

1. Klubnichkin, V. E. Kratkij analiz tendencij razvitija lesozagotovitel'nyh mashin / V. E. Klubnichkin, E. E. Klubnichkin, A. B. Kartashov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2020. – № 3(130). – S. 93-102. – DOI 10.46960/1816-210X_2020_3_93. – EDN KFKXWX.

2. Klubnichkin, E. E. Theoretical research of soil packing by timber harvester running gear / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin, G. O. Kotiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Nizhni Novgorod, 18–19 aprilja 2018 goda. Vol. 386. – Nizhni Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2018. – P. 012025. – DOI 10.1088/1757-899X/386/1/012025. – EDN VBGRMW.

3. Izmenenie dliny oporno-aktivnyh uchastkov dvizhitelja gusenichnoj lesozagotovitel'noj mashiny s uchetom rezhimov nagruzenija / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin, Ju. V. Bashkircev, V. M. Krylov // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa - Lesnoj vestnik. – 2013. – № 2. – S. 119-120. – EDN PXQDRZ.

4. Study of uneven surfaces distribution on forestry roads / V. S. Makarov, A. I. Markovkina, A. V. Papunin [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Nizhny Novgorod, 28 avgusta 2018 goda. Vol. 1177. – Nizhny Novgorod: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012041. – DOI 10.1088/1742-6596/1177/1/012041. – EDN TMYIQO.

5. Ovcharuk, B. V. Sposoby opredelenija ploshhadi pjatna kontakta shin v zavisimosti ot davlenija i nagruzki / B. V. Ovcharuk, V. V. Krivolap // Al'ternativnye istochniki jenerгии v transportno-tehnologicheskom komplekse: problemy i perspektivy racional'nogo ispol'zovanija. – 2015. – T. 2, № 2(3). – S. 473-478. – DOI 10.12737/19352. – EDN XRKDRJ.

6. Razrabotka uzla sochlenenija lesnoj pogruzochno-transportnoj mashiny / V. E. Klubnichkin, E. E. Klubnichkin, A. Ju. Gorbunov, D. Ju. Druchinin // Lesotehnicheskij zhurnal. – 2020. – T. 10, № 4(40). – S. 217-226. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2020.4/18. – EDN EHRTNO.

7. Klubnichkin, E. E. Issledovanie faktorov, opredeljajushhih vybor tipa i gruzopod#emnosti lesozagotovitel'nyh pogruzochno-transportnyh mashin / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin, V. N. Naumov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2025. – № 1(148). – S. 87-103. – DOI 10.46960/1816-210X_2025_1_87. – EDN RNHUEG.

8. Klubnichkin, E. E. Metod povyshenija jenergojektivnosti pogruzochno-transportnyh mashin dlja sortimentnoj zagotovki drevesiny / E. E. Klubnichkin // Lesnoj vestnik. Forestry Bulletin. – 2025. – T. 29, № 1. – S. 112-125. – DOI 10.18698/2542-1468-2025-1-112-125. – EDN ZFVQJA.

9. Klubnichkin, E. E. Vybor kriterija ocenki vlijanija tipazha i gruzopod#emnosti pogruzochno-transportnyh mashin na jektivnost' trevevochnogo processa / E. E.

Klubnichkin, V. E. Klubnichkin // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2024. – № 3(146). – S. 82-96. – EDN EGJNSD.

10. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2025686678 Rossijskaja Federacija. Prikladnaja komp'juternaja programma modelirovanija dinamiki kachenija koleasa DEM : zajavl. 26.09.2025 : opubl. 03.10.2025 / E. E. Klubnichkin. – EDN QNDFOO.

11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2025688400 Rossijskaja Federacija. Opredelenie konstruktivnyh parametrov i jekspluacionnyh pokazatelej pogruzochno-transportnyh mashin dlja sortimentnoj zagotovki drevesiny : zajavl. 05.10.2025 : opubl. 20.10.2025 / E. E. Klubnichkin. – EDN IOSYHO.

12. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2025687712 Rossijskaja Federacija. Prikladnaja komp'juternaja programma opredelenie tipazha lesnyh pogruzochno-transportnyh mashin primenjaemyh dlja sortimentnoj tehnologii zagotovki drevesiny : zajavl. 30.09.2025 : opubl. 15.10.2025 / E. E. Klubnichkin. – EDN WSNFVY.

13. Ocenочnyj pokazatel' prohodimosti lesozagotovitel'nyh mashin / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin, V. S. Makarov [i dr.] // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2016. – № 4(115). – S. 176-183. – EDN XWRMDR.

14. Klubnichkin, E. E. Primenenie chislennogo metoda pri issledovanii hodovyh sistem mnogoopornyh koljosnyh lesotransportnyh mashin / E. E. Klubnichkin, V. E. Klubnichkin // Inzhenernyj vestnik. – 2016. – № 12. – S. 3. – EDN XICZAB.