

ВЛИЯНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРОВ НА ПЛОДОРОДИЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ БУРЯТИИ

Сергей Сергеевич Калашников, кандидат технических наук

Даба Нимаевич Раднаев, доктор технических наук

Александр Сергеевич Пехутов, доктор технических наук

Дамдин Булатович Лабаров, кандидат технических наук

Мунко Базарович Балданов, кандидат технических наук

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,
г. Улан-Удэ, Республика Бурятия, Россия

E-mail: goodron@yandex.ru

Аннотация. В условиях интенсивного земледелия использование мобильных энергетических средств приводит к снижению плодородия почвы. При технологических операциях движители тракторов оказывают на нее механическое воздействие. Чтобы провести исследования, связанные с переуплотнением почвы, были спроектированы и изготовлены тензометрические мембраны для измерения давления колес трактора на почву, которые монтировали в трех точках одного из почвозацепов шины. В работе представлены результаты проведенных опытов по оценке уплотняющего воздействия движителей тракторов различных марок (МТЗ-82, Т-150К, К-701) на почву в природно-климатических условиях Республики Бурятия. Выявлено, что проход трактора по полю существенно влияет на физико-механические свойства каштановых почв супесчаного легкосуглинистого механического состава. Максимально плотность почвы после прохода тракторов увеличивается на $0,31 \text{ г/см}^3$, а ее пористость снижается на 10–12%. Полученные данные позволяют сделать вывод, что при правильном подборе давления воздуха в шинах можно обеспечить выравнивание давлений по ширине площади контакта колеса с почвой, тем самым уменьшить уплотняющее воздействие на почву движителей колесного трактора при выполнении сельскохозяйственных работ на каштановых почвах Республики Бурятия.

Ключевые слова: переуплотнение почвы, трактор, движитель, пшеница, давление в шинах

INFLUENCE OF TRACTORS UNDERCARRIAGE ON THE FERTILITY OF CHESTNUT SOILS IN BURYATIA

S.S. Kalashnikov, *PhD in Engineering Sciences*

D.N. Radnaev, *Grand PhD in Engineering Sciences*

A.S. Pekhutov, *Grand PhD in Engineering Sciences*

D.B. Labarov, *Grand PhD in Engineering Sciences*

M.B. Baldanov, *PhD in Engineering Sciences*

Philippov V.R the Buryat State Academy of Agriculture, Ulan-Ude, Republic of Buryatia, Russia

E-mail: goodron@yandex.ru

Abstract. In conditions of intensive farming, mobile energy vehicles, which are designed to increase crop yields, on the contrary, lead to a decrease in soil fertility. When carrying out technological operations, the soil acts as a bearing base for tractor propulsors, which have

a significant mechanical effect on it. The analysis of the obtained data presented in the article showed that the search for the optimal tire pressure is an urgent problem in intensive farming. To conduct research related to soil compaction, strain-gauge membranes were designed and manufactured to measure the pressure of the tractor wheels on the soil, which were mounted at three points of one of the tire lugs. The paper presents the results of the experiments carried out to assess the compacting effect of tractor propellers of various brands (MTZ-82, T-150K, K-701) on the yield of spring wheat in the natural and climatic conditions of the Republic of Buryatia. It was revealed that the passage of the tractor across the field significantly affects the physical and mechanical properties of chestnut soils of sandy loamy light loamy mechanical composition. The maximum increase in soil density after the passage of tractors reaches 0.31 g/cm^3 , and its porosity decreases by 10–12%. As a result, data have been obtained that allow us to conclude that by properly selecting the air pressure in the tires, it is possible to ensure equalization of the pressures across the width of the area of contact between the wheel and the soil, thereby reducing the compacting effect on the soil of the wheel tractor propellers when performing agricultural work on chestnut soils of the Republic of Buryatia.

Keywords: soil compaction, tractor, mover, wheat, tire pressure

Один из основных путей повышения производства сельскохозяйственной продукции – сохранение и улучшение плодородия почвы. Интенсивная форма ведения сельскохозяйственного производства требует применения на полях мощных высокопроизводительных сельскохозяйственных машин, орудий повышенной массы. Это приводит к увеличению механического воздействия их ходовых систем на почву, что отрицательно влияет на плодородие. [2, 5, 6, 8] Урожайность зерновых культур из-за переуплотнения почвы снижается на 20...25%, этот отрицательный эффект длится три-четыре года. [3]

Для успешного решения проблемы уменьшения уплотняющего воздействия ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА) на почву необходимо проводить комплексные исследования.

Цель работы – оценить влияние уплотнения почвы от воздействия движителей тракторов различных марок (MTZ-82, T-150K, K-701) на урожайность яровой пшеницы в природно-климатических условиях Республики Бурятия.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория республики относится к засушливой зоне. Общая площадь пашни превышает 1 млн га, преобладающая ее часть представлена почвами легкого механического состава (супесчаные и легкосуглинистые). Объемная масса почвы в верхних гумусовых слоях – $1,27...1,48 \text{ г/см}^3$, удельная – $2,44... 2,69 \text{ г/см}^3$. Влажность почвы пахотного горизонта – 10...15%, пористость – 47,9...52,4%. [1]

Опыты по оценке уплотняющего воздействия движителей тракторов (MTZ-82, T-150K, K-701) на урожайность яровой пшеницы проводили в течение трех лет на делянках размером $30 \times 50 \text{ м}$ на по-

лях ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА. Перед посевом каждый участок (кроме контрольного) подвергали сплошному однократному или двукратному прикатыванию движителями тракторов указанных марок, а затем засевали пшеницей *Бурятская-79*. Сроки посева, норма высева и глубина заделки семян соответствовали принятым агротехническим требованиям. До и после прохода каждого трактора проводили отбор проб почвы по методу Н.А. Качинского для последующего определения влажности и объемной массы. Твердость почвы устанавливали твердомером Ревякина.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ данных показал (табл. 1), что на опытных участках, по сравнению с контрольным произошло снижение урожайности пшеницы. При этом максимальное ее уменьшение наблюдали на участках, прикатанных трактором K-701. При двукратном прикатывании почвы этим же трактором урожайность падала еще ниже. Следовательно, каждый лишний проход трактора по одному и тому же участку поля приводит к дополнительным потерям урожая.

Снижение урожайности яровой пшеницы на прикатанных участках – результат увеличения плотности почвы в пахотном и подпахотном горизонтах.

Повышение плотности почвы приводит к уменьшению ее пористости, в результате чего нарушаются водный и биохимический режимы, затрудняется развитие растений (табл. 2).

Поскольку наибольшее снижение урожайности пшеницы от уплотнения почвы движителями тракторов были получены на участках, прикатанных трактором K-701, были проведены дополнительные экспериментальные исследования взаимодействия с почвой ходовой системы этого трактора в условиях, близких к рядовой эксплуатации. Экспериментальный трактор K-701 агрегатировали с культиваторами КПШ-9, КПЭ-3,8 и зерновой сеялкой СЗС-2,1. Для измерения давления колес трактора на почву были спроектированы и изготовлены тензометрические мембраны, которые монтировали в трех точках одного из почвозацепов правой половины шины. Здесь же устанавливали мембрану между почвозацепами (рис. 1).

Один из основных показателей, определяющих уплотняющее воздействие ходовой системы МТА на почву, – максимальное давление q_{max} . [4, 7] Как показывают результаты экспериментальных исследований (рис. 2, 3), максимальные давления распре-

Таблица 1.
Влияние уплотняющего воздействия движителей тракторов на урожайность яровой пшеницы сорта Бурятская 79

Трактор	Кратность воздействия	Урожайность, %
Контроль	–	100
T-150K	1	75,09
MTZ-82	1	77,84
K-701 при давлении воздуха в шинах задних и передних колес, МПа:		
0,12 и 0,14	1	73,50
0,08 и 0,1	1	76,32
0,12 и 0,14	2	63,16

Таблица 2.
Влияние уплотняющего воздействия движителей тракторов на некоторые физико-механические свойства каштановых почв Республики Бурятия

Трактор	Масса трактора, кг	Почва			
		слой, м	влажность, %	плотность, г/см ³	пористость, %
Контроль		0...0,1	6,07	1,36	45,0
		0,1...0,2	8,06	1,42	42,6
		0,2...0,3	8,55	1,53	38,1
		0,3...0,4	8,52	1,53	38,1
МТЗ-82	3270	0...0,1	6,70	1,56	36,9
		0,1...0,2	7,67	1,58	36,1
		0,2...0,3	7,66	1,61	34,9
		0,3...0,4	6,99	1,62	34,5
Т-150К	7535	0...0,1	6,90	1,63	34,1
		0,1...0,2	8,05	1,70	31,1
		0,2...0,3	7,71	1,68	32,0
		0,3...0,4	7,07	1,66	32,8
К-701	13530	0...0,1	7,35	1,59	35,7
		0,1...0,2	8,09	1,73	30,0
		0,2...0,3	7,83	1,69	31,6
		0,3...0,4	6,76	1,66	32,8

деляются неравномерно по ширине и длине контакта колеса с почвой (0,25...0,35 МПа).

На величину q_{max} значительно влияет давление воздуха в шинах. При снижении давления воздуха в шинах трактора К-701 с 0,17 до 0,09 МПа уменьшается q_{max} (на 45...50%), и коэффициент неравномерности распределения давлений по всей контактной площади.

При давлении воздуха в шинах – 0,17...0,11 МПа эпюра давлений на почву в поперечной плоскости, проходящей через середину площади контакта колеса с почвой, имеет максимальное значение в средней части (рис. 3). По краям эпюры, которые находятся под плечевыми зонами протектора шины, давление значительно меньше. Подобная форма эпюры удельных давлений характерна и по другим поперечным сечениям площади контакта колеса с почвой. Поэтому при указанных значениях давления воздуха в шинах весовая нагрузка трактора

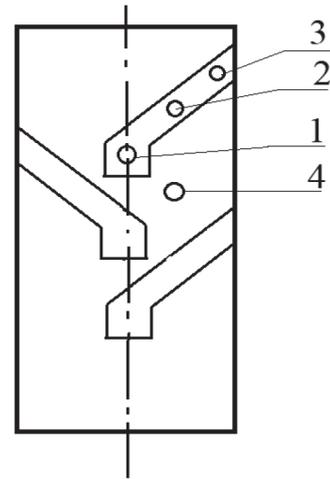


Рис. 1. Размещение датчиков давления: 1, 2, 3 – тензометрические мембраны на почвозацепах шины; 4 – мембрана между почвозацепами.

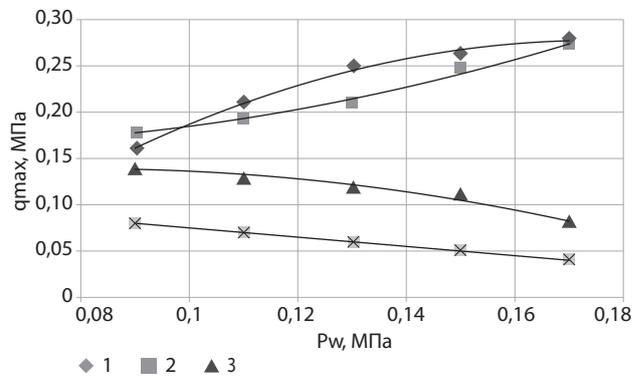


Рис. 2. Изменение максимальных давлений в пятне контакта колеса с почвой в зависимости от давления воздуха в шинах P_w : 1, 2, 3, 4 – давления, измеренные с помощью датчиков 1, 2, 3, 4 соответственно.

К-701 передается на почву в основном через средние элементы колеса. С понижением давления воздуха в шинах распределение давлений на почву по ширине колеса меняется.

Область максимальных давлений смещается в сторону плечевых зон протектора, а в ее средней

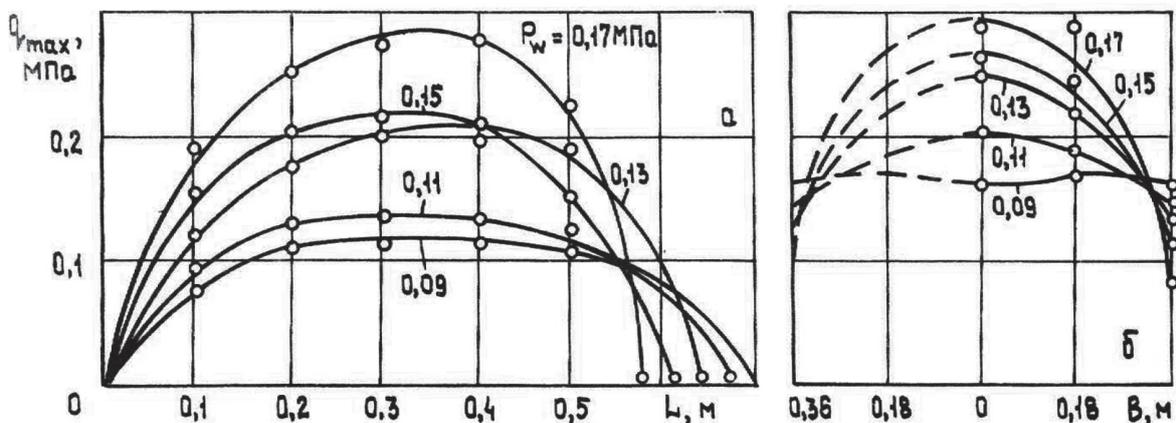


Рис. 3. Распределение удельных давлений вдоль продольной (а) и поперечной (б) осевых линий площади контакта колеса с почвой при разных давлениях воздуха в шинах.

части уменьшается, эпюра давлений принимает седловидную форму.

Таким образом, при правильном подборе давления воздуха в шинах можно обеспечить выравнивание давлений по ширине площади контакта колеса с почвой, тем самым уменьшить уплотняющее воздействие на почву движителей колесного трактора К-701.

Выводы. Проход трактора по полю существенно влияет на физико-механические свойства каштановых почв супесчаного легкосуглинистого механического состава влажностью 5...12% и твердостью 1,1...2,0 МПа. Максимальное увеличение плотности почвы после прохода тракторов достигает 0,31 г/см³, а ее пористость снижается на 10...12%.

По степени отрицательного воздействия на плодородие каштановых почв тракторы можно ранжировать: МТЗ-82, Т-150К, К-701. После их прохода урожайность яровой пшеницы снижается на 13...37%.

Подбором оптимального давления воздуха в шинах можно уменьшить максимальные давления почвы в два раза и значительно снизить коэффициент неравномерности их распределения по площади контакта колеса с почвой.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Ишигинов И. А. Агротомическая характеристика почв Бурятии. Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1972. С. 208.
- Калашников, С.С., Пехутов А.С., Балданов М.Б. Оптимальное давление в шинах ходовых систем колесных тракторов // Устойчивое развитие сельских территорий и аграрного производства на современном этапе: Мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной Дню Российской науки. Изд. БГСХА. Улан-Удэ, 2022. С. 403–408.
- Корбут А.В. Состояние и тенденция развития мобильных энергетических средств сельского хозяйства (обзорная информация). М.: ВНИИТЭИСХ, 1985.
- Ксеневиц И.П., Скотников В.А., Ляско М.И. Ходовые системы – почва – урожай. М.: Агропромиздат, 1985.
- Лапик В.П., Французов В.С., Адылин И.П. Исследование уплотнения почвы МТА // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 35–37.
- Раднаев Д.Н., Калашников С.С. Оптимизация технологических процессов растениеводства // Инженер-

но-технические системы и энергосберегающие технологии в АПК: Мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию БГСХА и 55-летию инженерного факультета. Улан-Удэ: Изд. БГСХА, 2016. С. 35–39.

- Русанов В.А. Методы оценки системы движитель-опорное основание. Сб. науч. тр. ВИМ, 1984. Т. 2.
- Усатов А.И. Способы снижения переуплотнения почвы сельскохозяйственной техникой // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: сб. статей II Всерос. науч.-практ. конф., Пенза, 20–21 июня 2020 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2020. С. 233–236.

REFERENCES

- Ishigenov I. A. Agronomicheskaya harakteristika pochv Buryatii. Ulan-Ude: Buryatskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972. S. 208.
- Kalashnikov, S.S., Pekhutov A.S., Baldanov M.B. Optimal'noe davlenie v shinah hodovyh sistem kolesnyh traktorov // Ustojchivoe razvitie sel'skih territorij i agrarnogo proizvodstva na sovremennom etape: Mat. Mezhd. науч.-практ. конф., posvyashchennoj Dnyu Rossijskoj nauki. Izd. BGSKHA. Ulan-Ude, 2022. S. 403–408.
- Korbut A.V. Sostoyanie i tendenciya razvitiya mobil'nyh energeticheskikh sredstv sel'skogo hozjajstva (obzornaya informaciya). M.: VNIITEISKH, 1985.
- Ksenevich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. Hodovye sistemy – pochva – urozhaj. M.: Agropromizdat, 1985.
- Lapik V.P., Francuzov V.S., Adylin I.P. Issledovanie uplotneniya pochvy MTA // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 1. S. 35–37.
- Radnaev D.N., Kalashnikov S.S. Optimizaciya tekhnologicheskikh processov rastenievodstva // Inzhenerno-tekhnicheskie sistemy i energosberegayushchie tekhnologii v APK: Mat. Mezhd. науч.-практ. конф., posvyashchennoj 85-letiyu BGSKHA i 55-letiyu inzhenernogo fakul'teta. Ulan-Ude: Izd. BGSKHA, 2016. S. 35–39.
- Rusanov V.A. Metody ocenki sistemy dvizhitel'-opornoe osnovanie. Sb. науч. tr. VIM, 1984. T. 2.
- Usatov A.I. Sposoby snizheniya pereuplotneniya pochvy sel'skohozyajstvennoj tekhnikoj // Prirodopol'zovanie i ustojchivoe razvitie regionov Rossii: sbornik statej II Vseros. науч.-praktich. конф., Penza, 20–21 iyunya 2020 goda. Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020. S. 233–236.