

DOI  
УДК 629.032

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ БУКСОВАНИЯ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА МТА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

**Черников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

4446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ключевые слова:** движитель, буксование, почва, свойства, колесный, физические.

*Цель исследований – снижение уплотнения и разрушения почвы колесными движителями энергетического средства машинно-тракторного агрегата (МТА). Приведены методика и результаты исследования воздействия ведущих колес энергетического средства МТА на плотность и структуру почвы. Выявлено влияние буксования на данные показатели. Исследования проводились на МТА в составе трактора тягового класса 0,6 кН (Т-25А) и прицепного культиватора КПС-4,0. Согласно методике исследований величина коэффициента буксования изменялась в пределах от 0% на холостом ходу до 30% варьированием крюковой нагрузки. Нагрузка изменялась ступенчато в зависимости от количества рабочих органов культиватора. Учитывалось состояние почвы (влажность) и агрономический фон. Скорость МТА, его масса и давление воздуха в шинах ведущих колес поддерживались постоянными. Установлено, что с точки зрения снижения уплотнения почвы рационально принять минимально допустимое буксование, соответствующее режиму работы с буксованием 8...11%. Вместе с тем выявлено влияние на процесс буксования влажности и агрономического фона: для вспаханного поля допустимое буксование находится в пределах 11...12%, а для поля под посев – в пределах 9...10%. Анализ области допустимых режимов буксования, характеризующихся резким увеличением количества фракций размером менее 0,25 мм, показал, что ее границы зависят от состояния почвы и вида выполняемых полевых работ и лежат в пределах 9...12%. Результаты исследований позволяют рекомендовать в качестве рациональных такие режимы работы МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН, при которых буксование ведущих колес не превысит 8...12%.*

## INFLUENCE OF SLIPPING MODES OF THE WHEELED RUNNING GEAR OF MTU POWER MEANS ONTO PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL

**Chernikov O. N.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Bychenin A. P.**, cand. of techn. sciences, associate professor of the department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya, 2 str.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Keywords:** running gear, slipping, soil, properties, wheeled, physical.

The purpose of the research is to reduce the compaction and destruction of the soil by wheeled running gear of the power means of the machine-tractor unit (MTU). The methods and results of the study regarding the effect of the wheeled running gear of the power means of MTU onto the density and structure of the soil are presented. The influence of slipping onto these indicators was identified. Studies were carried out on the MTU that was a part of the tractor of 0.6 kN traction class (T-25A) and a trailing cultivator KPS-4.0. According to the research methodology, the coefficient of slipping varied from 0% at idle to 30% by means of varying of the hook load. The load was changed in steps depending on the number of working bodies of the cultivator. The soil condition (humidity) and agronomic background were taken into account. The MTU speed, its mass and air pressure in the tires of the driving wheels were kept constant. It has been established that from the point of view of reducing soil compaction, it is rational to adopt the

minimum allowable slipping that corresponds to the operation mode with slipping of 8...11%. At the same time, the influence of moisture and agronomic background onto the slipping process was revealed: for a plowed field, the allowable slipping is within the limits of 11...12%, and for a field intended for sowing – within the limits of 9...10%. Analysis of the area of permissible slipping modes, which are characterized by a sharp increase in the number of fractions that are less than 0.25 mm in size, showed that its boundaries depend on the soil condition and the type of field work being performed and are located within the limits of 9...12%. The research results allow us to recommend such modes of operation of the MTU with the power means of 0.6 kN traction class, where the slipping of the drive wheels will not exceed 8...12%.

При современной технологии производства почва подвергается многократному воздействию ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА), подавляющее большинство которых оснащено колесными двигателями. Это характерно как для энергетических средств (тракторов и самоходных машин), так и для прицепных сельскохозяйственных машин. На территории Самарской области используется в сельскохозяйственном производстве 3,9 тыс. колесных тракторов и 1,9 тыс. прицепных сельскохозяйственных машин [1]. Каждый проход колесной техники по почве вызывает изменение ее физических свойств, которые напрямую влияют на урожайность сельскохозяйственных культур [2]. Для уменьшения отрицательного влияния колесных двигателей необходимо свести до минимума степень их воздействия на почву. При этом большое значение имеет выбор оптимальных режимов работы машинно-тракторных агрегатов, в частности, режимов буксования энергетического средства. Так как при работе колесо практически всегда движется с буксованием [3], невозможно полностью исключить воздействие данного процесса на физические свойства почвы. Известно, что между изменением свойств почвы и буксованием ведущих колес энергетического средства прослеживаются определенные связи [4, 5, 6]. Наибольшее влияние работа МТА оказывает на физические свойства почвы, вызывая при каждом проходе ее уплотнение и разрушение. На практике широко применяются методы разуплотнения почвы в следе энергетического средства [7], для чего разработано достаточное количество технических средств. Воздействие же буксования на разрушение почвы, т.е. уменьшение размеров ее фракций, изучено недостаточно. В связи с этим существует не только актуальная научная проблема снижения буксования колесных двигателей при работе МТА в поле, но и необходимость определения предельно допустимых значений буксования, обеспечивающих минимальное воздействие на почву.

**Цель исследований** – снижение уплотнения и разрушения почвы колесными двигателями энергетического средства машинно-тракторного агрегата.

**Задачи исследований:** выявить зависимость плотности почвы от режима буксования колесного двигателя; выявить влияние режима буксования на изменение структуры почвы; экспериментально определить допустимые значения буксования с учетом состояния почвы (влажности, агрофона и выполняемых операций); дать рекомендации по практическому применению МТА, оснащенного энергетическим средством тягового класса 0,6 кН.

**Материалы и методы исследований.** Для решения первой задачи было проведено исследование приращения плотности почвы в зависимости от режимов буксования ( $\delta=0-30\%$ ), затем более точная оценка изменения плотности почвы от буксования ведущих колес энергетического средства в диапазоне коэффициента буксования  $\delta$  от 7 до 14% включительно [8]. ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву» рекомендует режимы работы, характеризующиеся значением буксования 14...16%. Объектом исследований был принят машинно-тракторный агрегат в составе трактора Т-25А (тяговый класс 0,6 кН) и прицепного культиватора КПС-4,0 (культиватор паровой скоростной с шириной захвата 4 м), в котором посредством изменения режимов работы изменялись режимы буксования ведущих колес энергетического средства. Методика исследования подразумевала изменение величины коэффициента буксования в пределах от 0% на холостом ходу до 30% при максимальной нагрузке, соответствовавшей усилию на крюке  $P_{кр}=5800$  Н. Свыше  $P_{кр}=6000$  Н нагрузка не увеличивалась, так как в этом случае для эффективной работы МТА требуется энергетическое средство более высокого тягового класса. В качестве загружающего устройства использовался прицепной культиватор для сплошной обработки почвы КПС-4,0: посредством изменения количества рабочих секций обеспечивалась

ступенчатая

загрузка трактора. Использование прицепного культиватора КПС-4,0 в качестве загружающего устройства было обусловлено также тем, что данный МТА позволяет отбирать пробы непосредственно по следу трактора, поскольку он не перекрывается рабочими органами культиватора. Для автоматического измерения параметров, определяющих эксплуатационно-технологические качества трактора и сельскохозяйственных машин, использовалась малогабаритная измерительно-регистрающая аппаратура ЭМА-ПМ. Наличие шести аналоговых, восьми дискретных и одного временного измерительных каналов позволяло регистрировать средние за опыт величины усилия и напряжений в материалах. В процессе исследования регистрировались: тяговое усилие на крюке; количество оборотов ведущих колес на гоне; количество оборотов путеизмерительного колеса на гоне; радиальная деформация почвы; буксование ведущих колес; путь, пройденный агрегатом за опыт. Исследование изменения свойств почвы в пределах каждого поля под влиянием буксования ведущих колес трактора Т-25А было проведено как функция от влажности почвы  $W$  (%). Величина буксования изменяется посредством ступенчатого увеличения крюкового усилия изменением количества рабочих секций и имеет с ним прямую зависимость. Скорость МТА, его масса и давление воздуха в шинах ведущих колес поддерживались постоянными. Исследования проводились на территории Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства, расположенного в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Плотность почвы после прохода ведущих колес оценивалась по стандартной методике (ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний») с использованием стандартизированного сертифицированного оборудования.

Для решения второй задачи был проведен анализ изменения структуры почвы путем определения количества фракций размером менее 0,25 мм (критерий  $\Delta C$ ) после прохода машинно-тракторного агрегата (ГОСТ 20915-2011). Режимы работы МТА соответствовали методике определения приращения плотности почвы в зависимости от режимов буксования, исследовался уточненный диапазон коэффициента буксования ( $\delta=8-13\%$ ). Количество фракций почвы, не имеющих агротехническое значение (менее 0,25 мм), определялось сухим просеиванием образцов, взятых по следу ведущих колес энергетического средства МТА.

Для решения третьей задачи по полученным зависимостям плотности и структуры почвы от коэффициента буксования были определены допустимые значения буксования для различных агрофонов и условий работы МТА, для решения четвертой задачи были даны рекомендации по рациональным режимам загрузки энергетического средства тягового класса 0,6 кН в составе машинно-тракторного агрегата, исключая значительное влияние буксования ведущих колес на физические свойства почвы.

**Результаты исследований.** Результаты оценки влияния коэффициента буксования ведущих колес энергетического средства МТА на плотность почвы представлены функциями изменения приращения плотности почвы от буксования  $\Delta\rho=f(\delta)$  в диапазоне буксования 0-30% и приращения плотности почвы от буксования  $\Delta\rho=f(\delta)$  в диапазоне буксования 7-14% [8]. Данные графические зависимости представлены на рисунке 1.

При анализе кривых 1, 2 и 3 (рис. 1, а) можно выделить два характерных участка. Первый участок (режим работы с буксованием от 0 до 8...11%) характеризуется максимальным изменением приращения плотности почвы под воздействием буксования в пределах 0,04...0,06 г/см<sup>3</sup>, что говорит о незначительном влиянии этого режима буксования на изменение данного параметра. Более интенсивное приращение плотности имеет место на втором участке: при увеличении буксования от 8...11% до 20...25% (в зависимости от фона почвы и влажности, крюкового усилия) оно составляет 0,18...0,23 г/см<sup>3</sup>. При дальнейшем увеличении буксования ( $\delta>25\%$ ) процесс изменения приращения плотности почвы стабилизируется и на графической зависимости не отражен. Анализ графических зависимостей 1, 2 и 3 (рис. 1, а) показал, что с точки зрения снижения уплотнения почвы рационально принять минимально допустимое буксование, соответствующее режиму работы с буксованием 8...11%, то есть значения, характерные для начала интенсивного приращения плотности. Разброс значений для трех случаев объясняется влиянием влажности и фона почвы. Поэтому, оценивая воздействие буксования ведущего колеса энергетического средства МТА на почву, необходимо говорить об области минимально допустимых значений. Уточнение границ этой области проводилось

при более детальном изучении графиков зависимости  $\Delta\rho=f(\delta)$  (рис. 1, б). Так, для поля вспаханного допустимое буксование находится в пределах 11...12%, а для поля под посев – в пределах 9...10%.

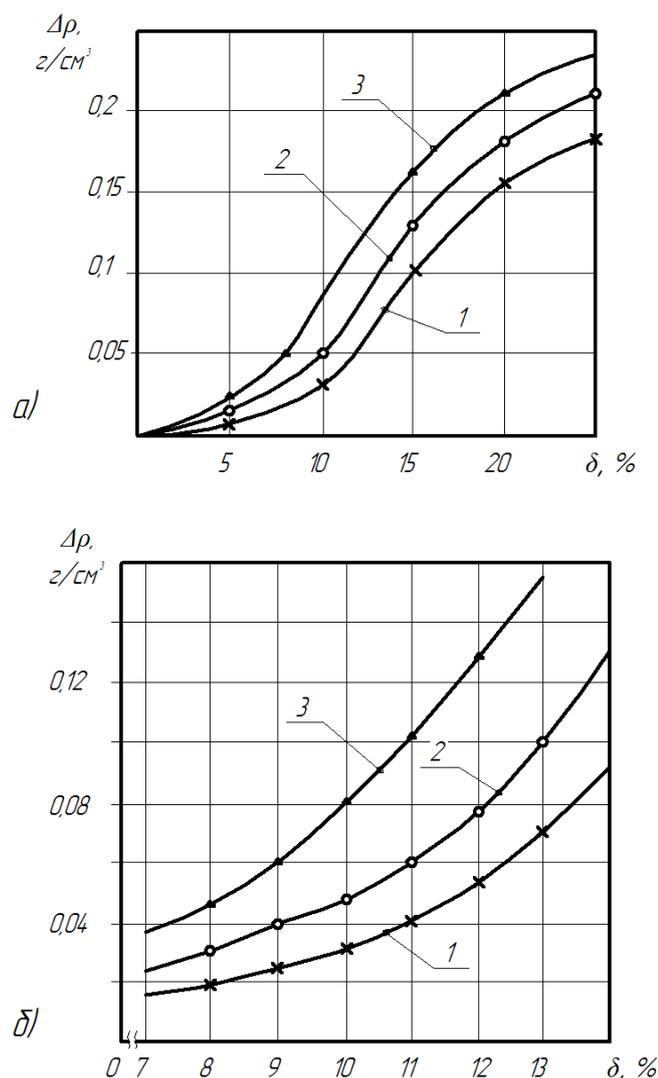


Рис. 1. Зависимость приращения плотности почвы от режимов буксования:  
а – в диапазоне буксования 0-30%; б – в диапазоне буксования 7-14%; 1 – поле вспаханное (влажность  $W_1=25,1\%$ );  
2, 3 – поле, подготовленное под посев (влажность  $W_2=20,3\%$  и  $W_3=24,8\%$  соответственно)

Результаты оценки влияния буксования ведущих колес энергетического средства МТА на структуру почвы представлены на рисунке 2 функциями изменения критерия  $\Delta C$  (%) в зависимости от буксования  $\delta$  (%). Увеличение буксования ведущих колес энергетического средства МТА сопровождается разрушением структуры почвы и её истиранием, что проявляется в увеличении содержания в пробах фракций размером менее 0,25 мм и уменьшением содержания агротехнически ценных фракций размером 0,25-10 мм. Анализ области допустимых режимов буксования, характеризующихся резким увеличением количества фракций размером менее 0,25 мм (рис. 2), показал, что ее границы зависят от состояния почвы и вида выполняемых полевых работ и лежат в пределах 9...12% буксования, т.е. дальнейшее увеличение буксования ведущих колес энергетического средства МТА приведет к еще более интенсивному истиранию и распылению почвы.

Анализируя вид кривой 1 (рис. 2), установили, что буксование до 12% приводит к незначительному разрушению почвы ( $\Delta C=3...4\%$ ), но дальнейшее увеличение буксования ведет к усилению распыления почвы. При буксовании 13% содержание частиц размером менее 0,25 мм увеличилось до 11...12%, поэтому можно сделать вывод, что допустимое буксование, определяемое по критерию  $\Delta C$ , должно находиться на уровне 12%, а также корректироваться в зависимости от влажности

почвы. На интенсивность изменения структуры почвы под воздействием буксования оказывает влияние и фон поля, что видно из характера кривой 2 (рис. 2), соответствующей полю, подготовленному под посев. Из графика видно, что уже при буксовании более 9% происходит резкое ухудшение свойств почвы, выраженное в интенсивном увеличении содержания частиц размером менее 0,25 мм.

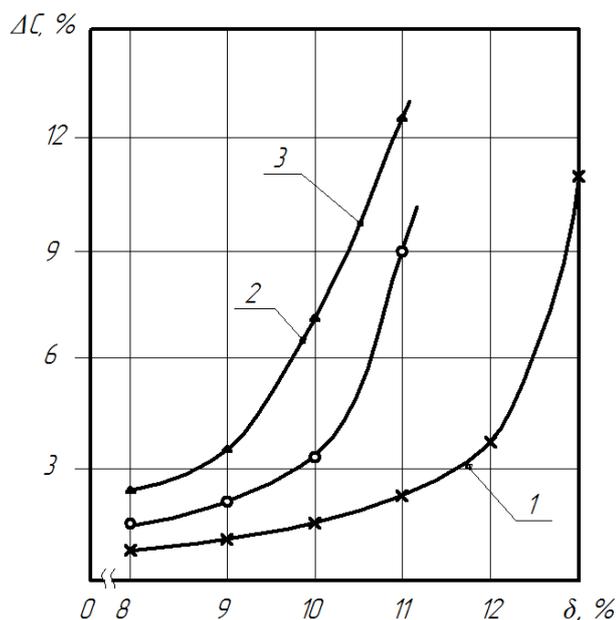


Рис. 2. Влияние буксования на изменение структуры почвы (процентное содержание частиц размером менее 0,25 мм) в слое 0-5 см:  
1 – поле вспаханное ( $W=25,1\%$ ); 2 – поле под посев ( $W=20,3\%$ ); 3 – поле под посев ( $W=24,8\%$ )

Следовательно, применительно к данным условиям и состоянию почвы критическое значение буксования составит 9%. Повышение буксования свыше критической отметки приведет к значительному ухудшению физических свойств обрабатываемой почвы. Существенное влияние на разрушение почвы в процессе буксования оказывает также влажность почвы. Увеличение влажности с 20,3% (кривая 2) до 24,8% (кривая 3) (рис. 2) привело к уменьшению степени истирания, в результате допустимое значение буксования  $\delta$  составило 10%.

Таким образом, анализ представленных выше графических зависимостей позволяет рекомендовать в качестве рациональных такие режимы работы МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН, при которых буксование ведущих колес энергетического средства не превысит 8-12%. Данное значение является рациональным как с позиции учета влажности почвы, так и с позиции исследуемого агрофона.

**Заклучение.** Проведенные лабораторно-полевые исследования показали, что на величину предельного значения буксования ведущих колес энергетического средства МТА оказывает влияние состояние поверхности поля (агрофон, влажность) и режим работы агрегата. Анализ полученных зависимостей плотности и структуры почвы от буксования показал, что область допустимых значений буксования отличается для разных условий, но должна лежать в пределах 8...12%. Данная область является рациональной для всех рассмотренных выше случаев. Превышение данного диапазона значений буксования приводит к резкому изменению плотности и фракционного состава почвы. При этом почва, подготовленная под посев, наиболее чувствительна к уплотнению, поэтому при работе на данном агрофоне следует ограничить буксование до 8...11,5%, тогда как на вспаханном поле допустимое буксование возможно увеличить до 9,5...13%. Оптимально-допустимое значение буксования должно корректироваться, исходя из состояния почвы и её влажности. Также полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что для МТА с энергетическим средством тягового класса 0,6 кН рекомендуемые ГОСТ 26955-86 режимы работы со значением буксования ведущих колес энергетического средства 14...16% не являются рациональными, поскольку приводят

к повышенному уплотнению и истиранию почвы в процессе выполнения агротехнических операций в поле.

#### Библиографический список

1. Пуряева, В. Обновление парка сельхозтехники / В. Пуряева // Агро-Информ. – 2018. – №3. – С. 2-6.
2. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения : монография / В. А. Русанов. – М. : ВИМ, 1998. – 368 с.
3. Кузнецов, Н. Г. Динамика процесса буксования колесного трактора кл.1,4 / Н. Г. Кузнецов, Д. С. Гапич, Е. В. Ширяева // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №12. – С. 23-26.
4. Золотаревская, Д. И. Прогнозирование уплотняющего воздействия на почву колесных тракторов / Д. И. Золотаревская, К. Джафаринаими // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – №1. – С. 34-39.
5. Надыкто, В. Т. Определение максимального буксования колесных движителей с учетом ограничения их воздействия на почву / В. Т. Надыкто // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – №8. – С.19-23.
6. Золотаревская, Д. И. Исследование и расчет уплотнения почвы при работе и после остановки колесного трактора / Д. И. Золотаревская // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – №8. – С. 33-38.
7. Савельев, Ю. А. Обоснование конструктивно-технологических параметров плоскорезущих лап / Ю. А. Савельев, Ю. М. Добрин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – №3. – С. 54-57.
8. Черников, О. Н. Обоснование допустимой величины буксования движителей, обеспечивающее уменьшение их вредного воздействия на почву : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Черников Олег Николаевич. – Саранск, 2001. – С. 18.

#### Bibliography

1. Puryaeva, V. Park updating of agricultural machinery / V. Puryaeva // Agro-inform. – 2018. – №3. – P. 2-6.
2. Rusanov, V. A. Reconsolidation problem of soils by driving wheels and effective ways of its decision : monograph / V. A. Rusanov. – M. : VIM, 1998. – 368 p.
3. Kuznetsov, N. G. Slipping process dinamik of the wheel tractor of 1,4 kN traction class / N. G. Kuznetsov, D. S. Gapich, E. V. Shiryayeva // Tractors and agricultural machinery. – 2012. – №12. – P. 23-26.
4. Zolotarevskaya, D. I. Forecasting of the condensing impact on the soil of wheel tractors / D. I. Zolotarevskaya, K. Dzhafarinaimi // Tractors and the agricultural machinery. – 2008. – №1. – P. 34-39.
5. Nadykto, V. T. Definition of the maximum slipping of wheel propellers taking into account restriction of their impact on the soil / V. T. Nadykto // Tractors and agricultural machinery. – 2015. – №8. – P. 19-23.
6. Zolotarevskaya, D. I. Researching and calculation of soil consolidation during the work and after a stop of the wheel tractor / D. I. Zolotarevskaya // Tractors and agricultural machinery. – 2016. – №8. – P. 33-38.
7. Savelyev, Yu. A. Justification of constructive and technological parameters of flat hoes / Yu. A. Savelyev, Yu. M. Dobrin // Bulletin of the Samara state agricultural academy. – 2011. – №3. – P. 54-57.
8. Chernikov, O. N. The justification of admissible size of propellers slipping, providing reduction of their harmful effects on the soil : cand. of techn. sciences dissertation author's abstract : 05.20.01 / Chernikov Oleg Nikolaevich. – Saransk, 2001. – P. 18.