УДК 631.312.542

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРЕУПЛОТНЁННЫХ ПОЧВ

**И.Е. Хазов, аспирант,**
**И.Р. Рахимов, д-р техн. наук, профессор**
*ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», г. Челябинск, Российская Федерация*
Khazoviliya@mail.ru

*Аннотация.* В статье обоснована эффективность применения вибрационного рабочего органа для глубокой обработки переуплотнённых почв.

*Abstract.* The article substantiates the effectiveness of using a vibrating working element for the deep tillage of over-compacted soils.

*Ключевые слова:* рабочий орган, переуплотненные почвы, глубокорыхлитель, вибровозбудитель.

*Keywords:* working element, over-compacted soils, deep ripper, vibration exciter.

## Актуальность

Современное земледелие характеризуется интенсивным использованием тяжелой сельскохозяйственной техники. Вследствие воздействия ходовых систем такой техники на почву переуплотняется корнеобитаемый слой, оказывая существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. В работе [1] отмечается снижение урожайности по следам машинно-тракторного агрегата зерновых – на 10–15 %, корнеклубнеплодов – на 20–30 %.

Технологии традиционной обработки почвы способствуют её разуплотнению и восстановлению плодородности, однако из-за многосезонной вспашки отвальным плугом на постоянную глубину возникает слой особо плотной почвы между пахотным и подпахотным горизонтом – плужная подошва. Образование плужной подошвы с одной стороны препятствует развитию корней растений и затрудняет доступ к влаге ниже переуплотненного слоя, с другой стороны способствует водной эрозии, так как вновь поступающая влага не преодолевает переуплотненный слой [2].

Для разуплотнения корнеобитаемого слоя и подпахотных горизонтов почвы используют орудия для глубокой (от 30 см) безотвальной обработки почвы – чизели и глубокорыхлители. Глубокая обработка почвы наиболее энергоёмкая операция, вследствие сжа-

тия, деформации и перемещения большого объёма переуплотнённой почвы [3]. В настоящее время сохраняется актуальность повышения эффективности орудий для основной безотвальной обработки почвы путём снижения тягового сопротивления агрегата и повышения агротехнический характеристик такой обработки.

Одним из способов повышения эффективности глубокого рыхления является принудительная вибрация рабочих органов глубокорыхлителя. В работах [4, 5] доказана эффективность применения вибрационных машин для рыхления почвы.

Главным трендом исследований в данной области становится размещение активного эффекта разуплотнения непосредственно в конструкции рабочего органа [6, 7, 8], что положительно сказывается на эффективности таких конструктивных решений.

**Результаты исследования**

Показателем эффективности вибрационной обработки почвы в контексте преодоления переуплотнённых участков является отношение виброскорости $V_{виб}$, м/с, к скорости поступательного движения агрегата $V$, м/с, в виде безразмерного параметра $\tau$ (1) [9]

$$\tau = \frac{V_{виб}}{V} = \frac{A\omega}{V}, \qquad (1)$$

где $A$ – амплитуда колебаний, м;

$\omega$ – частота колебаний, $с^{-1}$.

Снижение тягового сопротивления обусловлено псевдосжижением контактирующей с рабочим органом почвы при условии $\tau > 0$. При $\tau > 1$ вибрирующей клин в течение части цикла движется назад относительно почвы, что обеспечивает его физический отрыв от массива и снижение сопротивления почвы на фазе обратного хода практически до нуля. При выполнении условия $\tau > 1$ существенно снижается коэффициент трения почвы о сталь на 50-70% [9]

Очевидно, что достижение данного условия при скорости движения агрегата, характерной для основной безотвальной обработки почвы, маловероятно при использовании схем вибрационных машин современников [4, 5], с размещённым вибратором на раме орудия.

В конструкциях рабочих органов почвообрабатывающих машин широко применяются пружинные предохранители стоек глубокорыхлителей, позволяющие при встрече с клина с камнем постепенно двигаться назад и в дальнейшем выглубляться из почвы, тем самым избегая поломки. Кроме того, из-за изменения внутренне-

го состояния пласта почвы, пружинные предохранители создают автоколебания стойки, снижая сопротивление контактирующей почвы.

При размещении принудительного вибратора непосредственно на подпружиненном рабочем органе глубокорыхлителя возможно достижение условия $\tau > 1$ из-за сжатия пружины при контакте стойки с переуплотнённым участком почвы, тем самым снижая поступательную скорость рабочего органа относительно рамы орудия, что переводит вибрацию в высокоэффективный режим.

Для изучения этого эффекта в полевых условиях на базе предприятия «ЧКЗ-Агро» произведена экспериментальная установка с рабочим органом, в долоте которого применён дебалансный инерционный вибровозбудитель (рис. 1).

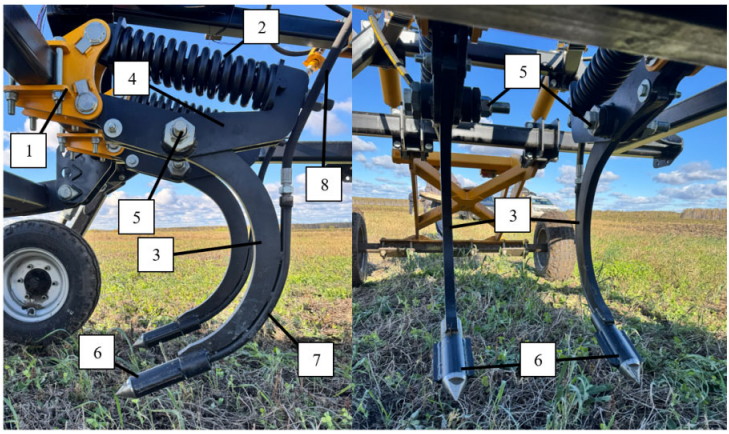



Рисунок 1 – Рабочий орган глубокорыхлителя с вибрационным долотом

Рабочий орган состоит из кронштейна крепления к раме 1, пружинного предохранителя 2, дугообразной стойки 3, соединённой с кронштейном пружинного предохранителя 4 через пружинные тарельчатые шайбы, установленные поперечно движению агрегата, внутри болтового соединения 5, вибрационного долота 6, трубы для гибкого вала привода дебаланса 7, рубашки гибкого вала 8.

Внутри вибрационного долота расположен инерционный дебаланс, в виде грузика со смещённым центром тяжести (рис. 2), который приводится во вращение от электромотора с регулировкой частоты вращения, через гибкий вал, внутри его рубашки и трубы позади стойки рабочего органа.

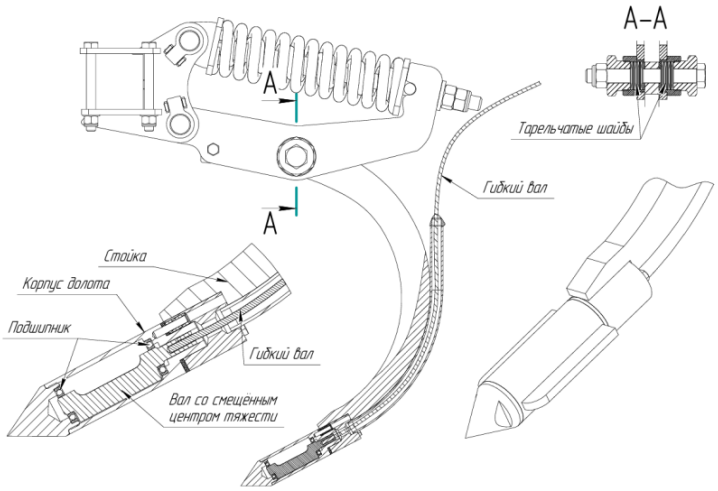



Рисунок 2 – Устройство вибрационного долота рабочего органа глубокорыхлителя

В рамках эксперимента было проведено 2 серии опытов. 12 опытов с жёстко закреплённой стойкой и колебаниях долота на частотах от 36 до 46 Гц, три опыта контрольные (без вибрации). С подпружиненной стойкой проведено 20 опытов на скоростях движения агрегата 5 и 7 км/ч, семь опытов контрольных (без вибрации). Обработка почвы проводилась на глубину 30 см, при средней влажности почвы 19%.

Установлено, что снижение сопротивления рабочего органа при вибрации с жёстко закреплённой стойкой в среднем составляет 2%, максимальное сопротивление снижается на 6,7% при частоте 46 Гц.

При обработке переуплотнённой почвы на скорости 5 км/ч с подпружиненной стойкой с частотой вибрации 30 Гц позволило снизить среднее тяговое сопротивление с 5,6 кН до 5,2 кН, что составляет 7,7%. При этом максимальное сопротивление снизилось на 12,3% (с 7,86 до 7 кН). При поступательной скорости движения агрегата 7 км/ч и частоте вибрации 38 Гц эффект более выражен: снижение среднего сопротивления достигло 11,6% (с 7,81 до 7 кН).

Дополнительно вибрации внутри долота рабочего органа в среднем повысили степень крошения почвы на 21,8%, увеличилась площадь обработанной почвы до 30,4%, уменьшилась развальная борозда на 31,8% а также повысилась вспушенность почвы на 45,2%. Дополнительно вибрации при скорости агрегата 7 км/ч поз-

воляли преодолевать переуплотнённые участки без выглубления рабочих органов, наблюдаемых в контрольных опытах, что свидетельствует о повышении устойчивости хода рабочего органа на глубине обработки [10].

## Заключение

Проведённые эмпирические исследования показали, что размещение инерционного вибровозбудителя непосредственно в долоте стойки глубокорыхлителя является эффективным способом повышения агротехнических и энергетических показателей обработки переуплотнённых почв.

Установлено, что рабочий орган с вибрационным долотом в совокупности с пружинным механизмом работает в высокоэффективном режиме, за счёт снижения поступательной скорости рабочего органа и повышения коэффициента отношения виброскорости к скорости движения агрегата в процессе основной безотвальной обработки почвы.

### Список использованной литературы


1. Шило И.Н. Влияние многоосной ходовой системы машинно-тракторных агрегатов на плотность почвы / Шило И.Н., Романюк Н.Н., Орда А.Н., Нукешев С.О., Кушнир В.Г. // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. N1. С. 31-36. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-31-36.

2. Давлетшин М.М. Чизельные плуги и глубокорыхлители / Давлетшин М.М, Мударисов С.Г., Тихонов В.В., Фахрутдинов И.М. Уфа, 2014, 152с.

3. Рахимов И.Р. Совершенствование рабочих органов машин для основной обработки почвы на основе моделирования процесса взаимодействия клина с почвой // Дисс. канд. техн. наук, 2006.

4. Нагайка М.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров вибрационного глубокорыхлителя // Дисс. канд. техн. наук, 2016.

5. Трофимов И.В. Обоснование конструктивно-режимных параметров вибрационного культиватора для предпосевной обработки почвы // Дисс. канд. техн. наук, 2018.

6. Секция культиватора с генератором вибраций [Текст] : пат. 2833590 Рос. Федерация : МПК A01B 35/20, A01B 35/32, A01B 63/12, A01B 61/04 / Гапич Д.С. [и др.] ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет». – № 2024106139 ; заявл. 05.03.2024 ; опубл. 27.01.2025, Бюл. № 3. – 12 с. : ил.

7. Куликова А.П. Обоснование параметров чизельного рабочего органа при взаимодействии с системой пульсирующего сжатого воздуха // Дисс. канд. техн. наук, 2026.

8. Устинов Н.Н. Применение механических колебаний в сельском хозяйстве: монография // Устинов Н.Н., Пирогов С.П., Черенцов Д.А., Чуба А.Ю., Кокошин С.Н. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2022. – 131 с.

9. Zhang J. Vibratory analysis of tillage operation [Текст] : дис. д-ра филос. (Ph.D.) / Ji Zhang ; University of Saskatchewan. – Saskatoon, 1997. – 181 с.

10. Хазов, И. Е. Агротехнические показатели глубокой обработки почвы с применением вибрационного долота / И. Е. Хазов // Достижения науки – агропромышленному комплексу. Приоритетные инновационные технологии в агропромышленном комплексе : Материалы LXV Международной научно-практической конференции, Троицк, 18–21 ноября 2025 года. – Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет, 2025. – С. 279-285.

УДК 631.3:620.197

# ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЁЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИКАТОРА РЖАВЧИНЫ И ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Р.М. Рустамов, д-р техн. наук, профессор,**
**А.А. Хожиматов, соискатель**
*Наманганский государственный технический университет,*
*г. Наманган, Республика Узбекистан*
aziznido@20gmail.com

*Аннотация:* Результаты проведённого эксперимента показали повышение безопасности и надёжности сельскохозяйственной техники за счёт применения модификатора ржавчины и защитных покрытий.

*Abstract:* The results of the experiment demonstrated improved safety and reliability of agricultural machinery through the use of a rust modifier and protective coatings.

*Ключевые слова:* межсезонное хранение, модификатор ржавчины, защитное покрытие.

*Keywords:* off-season storage, rust converter, protective coating.

## Актуальность

В межсезонье машины, оставленные на открытых площадках и в неблагоприятных климатических условиях без надлежащей защиты, приводят к коррозии металлических деталей, износу резиновых и технических частей, а также к выходу из строя сложных электронных систем. Научные исследования показывают, что 30-40% отказов сельскохозяйственной техники вызваны нарушениями правил технического обслуживания во время сезонного хранения. Это снижает надежность оборудования в следующем сезоне, увеличивает количество простоев и наносит значительный экономический ущерб фермерским хозяйствам. Поэтому систематическое консервирование сельскохозяйственной техники и надлежащая организация сезонного хранения в соответствии с требованиями государственных стандартов (включая ГОСТ 7751-2009) являются актуальной проблемой.