

Экспериментальные исследования и эффективность использования виброударных почвообрабатывающих рабочих органов

Л.Ф. Бабицкий, д.т.н., профессор, В.В. Шевченко, ассистент, В.Ю. Москалевич, к.т.н., ФГАОУ ВО КФУ имени И. Вернадского

В системе мероприятий по экономии энергоресурсов и улучшению экологической обстановки особое значение имеет снижение расхода топлива

и уменьшение затрат энергии на один из наиболее энергоёмких технологических процессов в сельскохозяйственном производстве – обработку почвы [1, 2]. Наряду с уменьшением уплотняющего воздействия мобильных сельскохозяйственных агрегатов и тракторов на почву перспективным является использование принципа вибрационного

воздействия рабочих органов на почву с целью снижения тягового сопротивления и улучшения качественных показателей обработки почвы [3–5]. Введением удара в периодические фазы деформации и разрушения почвы сокращается путь передвижения рабочего органа до фазы скалывания почвы, в результате чего скалывается блок почвы меньшего объёма с меньшим усилием скалывания. При этом увеличивается степень крошения почвы и уменьшается тяговое сопротивление. Рабочий орган должен иметь оптимальную форму, которая определяется на основе решения интегрального уравнения контактной задачи с использованием впервые введённого нами деформационного показателя почвы, позволяющего перейти от её деформационных свойств к оптимальной форме рабочего органа [6–8]. На основании этого нами получены оптимальные формы рабочих органов для основной и поверхностной обработки почвы в виде логарифмической кривой, подтверждённые исследованиями биологических прототипов: жука-носорога, медведки, рыбы скатарогача [9, 10].

Материал и методы исследования. Цель исследования – установить закономерности возникновения и поддержания устойчивых колебаний культиваторной лапы в почве, обеспечивающих снижение тягового сопротивления и улучшения качественных показателей работы.

При установлении закономерности колебательных процессов использовались методы теоретической механики и механики сплошной среды.

Результаты исследования. Обработка почвы в междурядьях виноградников является энергоёмким технологическим процессом, требующим значительного снижения расхода топлива на его выполнение. Предпосылкой снижения тягового сопротивления является использование виброударных рабочих органов.

Для подтверждения этих предпосылок по виброударному воздействию и оптимальным формам рабочих органов было проведено экспериментальное исследование в почвенном канале (рис. 1). Исследование проводили в лаборатории кафедры механизации и технического сервиса в АПК и на опытных полях Академии биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

Эффективность применения виброударных рыхлителей почвы подтверждается установкой и их испытаниями на культиваторах для обработки междурядий виноградников (рис. 2).

Рыхлительные рабочие органы содержат установленный в верхней части стойки виброударный механизм, обеспечивающий колебательно-ударный процесс работы культиваторной лапы в горизонтальной плоскости, за счёт переменного сопротивления почвы, действующего на правое и левое крылья лапы. Двусторонний виброударный

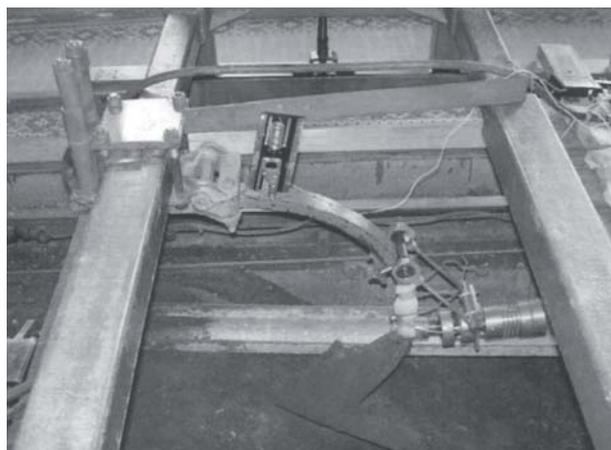


Рис. 1 – Лабораторные исследования виброударного рабочего органа в почвенном канале



Рис. 2 – Культиватор для обработки междурядий виноградников с виброударными рабочими органами

механизм стойки содержит установленные в симметрично расположенных относительно продольной оси цилиндрических корпусах чередующиеся упругие пружины и цилиндрические звенья с полусферическими выступами на торцах.

Навесной культиватор с виброударными рабочими органами агрегируется с трактором МТЗ-82. Исследование в почвенном канале проводили на типичном для Крыма чернозёме южном карбонатном.

В таблице 1 представлены значения влажности, твёрдости и деформационного показателя почвы во время проведения исследования в почвенном канале.

1. Влажность, твёрдость и деформационный показатель почвы

Глубина, м	Показатель		
	влажность, %	твёрдость, Н/см ²	деформационный показатель, м ² /Н
0–0,07	14,73–18,03	45,67–51,69	1,87·10 ⁻⁷ –2,41·10 ⁻⁷
0,07–0,14	14,85–18,36	45,29–51,45	1,92·10 ⁻⁷ –2,59·10 ⁻⁷
0,14–0,21	14,74–15,72	44,68–51,33	1,95·10 ⁻⁷ –2,72·10 ⁻⁷

Обобщённые результаты изучения качественных показателей и удельного тягового сопротивления виброударной плоскорезной рыхлительной лапы (ВУПРЛ), плоскорезной рыхлительной (ПРЛ) и плоскорезной широкозахватной лапы (ПШЛ) приведены соответственно в таблицах 2 и 3.

2. Качественные показатели работы

Рабочий орган	Исследуемый показатель		
	глыбистость, %	степень крошения, %	гребнистость, $1 \cdot 10^{-2}$ м
ВУПРЛ	11,68	74,23	6,1
ПРЛ	17,92	66,30	6,8
ПШЛ	18,89	62,41	5,2

Как видно из полученных результатов, экспериментальная виброударная плоскорезная рыхлительная лапа обеспечивает степень крошения почвы на 7,93–11,82% выше и глыбистость на 6,24–7,21% меньше, чем существующие рабочие органы.

Сравнение по тяговому сопротивлению на скоростях движения 0,95 м/с и 1,52 м/с показало, что удельное сопротивление виброударной плоскорезно-рыхлительной лапы значительно ниже, чем рабочих органов с жёсткой подвеской. Наибольшее снижение сопротивления (до 30–37%) наблюдается при глубине хода лап на $(8-12) \cdot 10^{-2}$ м.

Производственные испытания плоскорезных рыхлительных лап проводили в полевых условиях с целью проверки теоретических предпосылок, на полях совхоза-завода «Бурлюк» Бахчисарайского района Республики Крым.

Испытания проводились на скоростях 1,0, 1,5 и 2,0 м/с. Тип почвы – чернозём обыкновенный мицелярно-карбонатный, сочетающийся с чернозёмами карбонатными полнопрофильными и эродированными. Влажность почвы в день испытания (\bar{W}) составляла: в слое 0–0,07 м ($\bar{W} = 12,46-15,21\%$), 0,07–0,14 м ($\bar{W} = 14,96-16,25\%$), 0,14–0,21 м ($\bar{W} = 14,84-15,68\%$). Твёрдость почвы и деформационный показатель на глубине 0–0,21 м в среднем составляли соответственно, $\bar{p} = 49,44$ Н/см², $\bar{\nu} = 1,97 \cdot 10^{-7}$ м²/Н.

В результате реализации матрицы планирования и проведения эксперимента получены математические модели в натуральных переменных зависимости тягового сопротивления P от скорости

движения агрегата (V , м/с) и глубины обработки (h , м):

$$P_{ВУПРЛ} = 1184,17 + 974,34V + 48432,16h, \quad (1)$$

$$P_{ПРЛ} = 2324,12 + 1220,14V + 51036,24h, \quad (2)$$

Из уравнений регрессии (1, 2) видно, что на тяговое сопротивление наиболее ощутимое влияние оказывает глубина обработки h по сравнению со скоростью движения агрегата V .

Анализ полученных уравнений регрессии и графиков показал, что в зависимости от глубины и скорости обработки почвы тяговое сопротивление виброударных плоскорезных рыхлительных лап по сравнению с серийно выпускаемыми плоскорезными рыхлительными лапами уменьшается на 13,6–22,0%. Оптимальной скоростью обработки почвы на глубину 0,07–0,21 м в этих условиях, при использовании виброударных плоскорезных рыхлительных лап является 2 м/с.

Оценка качества обработки почвы показала, что применение виброударных плоскорезных рыхлительных лап в сравнении с серийными позволяет увеличить степень крошения и уменьшить глыбистость почвы на 12–15%, т.е. очевидны преимущества таких рабочих органов по сравнению с серийно выпускаемыми аналогами.

Полевые испытания культиватора, оснащённого ударными интенсификаторами вибрации лап, проводили в 2012 г. в ДП «Хлебодар» ООО «Агроплаза» Симферопольского района Республики Крым. Выполнялась сплошная культивация полей на площади 250 га. Агрофон – обработанная дисковыми боронами поверхность поля после уборки предшествующей культуры сплошного посева.

Средние значения показателей физико-механических свойств почвы составляли: влажность $W = 18,3 \pm 2,5\%$, твёрдость $p = 223,88 \pm 9,23$ Н/см², деформационный показатель $\nu = 5,5 \pm 1,26$ м²/Н.

Подготовка к испытаниям включала установку на упругие С-образные стойки маятниковых ударных устройств (рис. 3).

Конструкция маятникового виброударного устройства содержит массивный ударник с полусферическим наконечником, который закреплён на коромысле с возможностью регулирования расстояния до оси подвеса. Подвес ударника крепится к стойке культиваторной лапы с помощью кронштейна.

3. Удельное тяговое сопротивление

Скорость обработки, м/с	Глубина обработки, м	Тяговое сопротивление рабочих органов, Н/м			Снижение тягового сопротивления, %	
		ВУПРЛ	ПШЛ	ПРЛ	ВУПРЛ/ПРЛ	ВУПРЛ/ПШЛ
0,95	0,07	1826,83	2659,97	2683,60	31,93	31,23
	0,14	2846,31	4202,84	4204,0	32,29	32,28
	0,21	5364,45	5745,71	5724,40	6,29	6,64
1,52	0,07	2087,38	2854,08	2833,76	26,34	26,86
	0,14	3273,04	4449,66	4730,41	30,81	26,44
	0,21	6277,50	6045,24	6627,06	5,27	–



Рис. 3 – Секция культиватора с испытываемыми рабочими органами

Установленные глубины культивации – 0,08, 0,12 и 0,16 м. Рабочая скорость движения агрегата равна 9,2 км/ч.

Выводы. Анализ результатов определения качественных показателей обработки почвы показал, что применение маятниковых ударных устройств для интенсификации вибрации культиваторных лап за счёт дополнительного ударного воздействия способствует уменьшению глыбистости почвы в обработанном слое в 2 раза, повышению степени крошения на 15–20%. Кроме того, интенсивная вибрация рабочих органов обеспечивает их самоочистку от налипающей почвы и растительных остатков.

Таким образом, полевые опыты показали возможность снижения тягового сопротивления и улучшения качества обработки почвы при использовании виброударных плоскорезных рыхлительных лап с применением виброударных механизмов.

Литература

1. Бабицкий Л.Ф. Обоснование параметров и конструктивной схемы шарнирно-ударного почвообрабатывающего катка / Л.Ф. Бабицкий, В.А. Куклин, В.В. Шевченко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. Симферополь, 2017. № 11 (174). С. 43–51.
2. Зоненберг Р.М. Разрушение почвы вибрирующим и невибрирующим деформаторами // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1968. № 3. С. 11–14.
3. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М.: Машиностроение, 1968. 204 с. Усаковский В.М. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М.: Знание, 1971. 31 с.
4. Бабицкий Л.Ф. Обоснование конструкции устройства для определения динамического деформационного показателя почвы / Л.Ф. Бабицкий, И.В. Соболевский, В.А. Куклин // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. Симферополь, 2016. № 8 (171). С. 50–54.
6. Бабицкий Л.Ф. Использование маятникового ударника в противоэрозионных рабочих органах культиваторов / Л.Ф. Бабицкий, В.В. Шевченко // III Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых учёных «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» Симферополь, 23–27 октября 2017 г. Симферополь, 2017. С. 94–95.
7. Бабицкий Л.Ф. Обоснование оптимальных режимов работы культиваторных лап на виброударной подвеске / И.В. Соболевский, В.А. Куклин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. Киров 2017. № 3 (58). С. 69–73.
8. Гончаревич И.Ф. Вибрация – нестандартный путь: вибрация в природе и технике. М.: Наука, 1986. 209 с.
9. Бабицкий Л.Ф. Разработка комплекса почвообрабатывающих рабочих органов на основе бионики для экологического земледелия / Л.Ф. Бабицкий, В.Ю. Москалевич, И.В. Соболевский // Международный форум «Крым Hi-Tech – 2014». Сборник тезисов докладов. М., 2014. С. 106–109.
10. Сакаи К., Тэрао Х. Вибрационное резание почвы почвоуглубителем вибрационного типа: Пер. с яп. М.: Бюро переводов ТПП, 1987. 19 с.