

Интегральный критерий оценки качества обработки почвы для чернозёмных почв Центрального Предкавказья

Ю.А. Кузыченко, д.с.-х.н., ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ

При сравнении и оценке двух или нескольких почвообрабатывающих орудий, предназначенных для выполнения однотипных операций, исполь-

зуются некоторые технологические (крошение, глыбистость, гребнистость, устойчивость хода по глубине) и эксплуатационные (производительность, удельные топливные и энергозатраты) показатели работы почвообрабатывающих агрегатов [1, 2].

Но чаще всего применяемые орудия по тем или иным технологическим показателям или превосходят, или уступают принятой градации качества обработки почвы [3]. Кроме того, агрофизические условия в пахотном слое почвы в различные периоды обработки неоднозначны [4, 5]. Поэтому необходимо информативное обеспечение применения того или иного отвального или безотвального орудия в соответствии со сложившимися условиями в пахотном слое для достижения качественной разделки пласта почвы на основе интегрального показателя качества обработки.

Цель исследования – разработка обобщённой оценки качества обработки почвы и расчёт удельных энергетических затрат на единицу площади поверхности разделов почвенных агрегатов при разрушении пласта почвы орудиями.

Материал и методы исследования. Исследование проводили на опытном поле – полигоне ФГБНУ СНИСХ. Почва опытного участка: чернозём обыкновенный малогумусный среднемощный среднесуглинистый. Содержание гумуса в слое 0–20 см составляет 3,2%, подвижного фосфора – 18,5 мг/кг почвы, обменного калия – 188 мг/кг.

Технологические показатели обработки почвы определяли по стандартным методикам [3]. Тяговые испытания проводили в агрегате с почвообрабатывающими орудиями, имеющими различные конструктивные особенности рабочих органов: отвальным плугом ПЛН-5-35; плугом со стойками СибИМЭ; чизельным плугом ПЧ-4,5; плоскорезом-глубокорыхлителем ПГ-3-100, глубина обработки 20–22 см. Измерение тягового сопротивления орудий при различной влажности пахотного слоя почвы проводили, используя электронно-измерительный комплекс ЭМА – ПМ, установленный на тракторе Т-150К.

На основании методики, разработанной в КНИИСХ [6], для расчёта интегрального показателя качества обработки почвы при различной влажности пахотного слоя выбраны следующие критерии: y_1 – отклонение от глубины обработки, см; y_2 – глыбистость поверхности почвы, %; y_3 – степень крошения почвы, %; y_4 – гребнистость поверхности почвы, см. Обобщённый критерий D определяется как среднее геометрическое желательности отдельных показателей:

$$D = \sqrt[n]{d_1^{k_1} \cdot d_2^{k_2} \cdot d_3^{k_3} \cdot d_4^{k_4}}, \quad (1)$$

где $d_1 \dots d_4$ – значение желательностей 1–4 показателей;

$k_1 \dots k_4$ – весомость (важность) 1–4 показателей;

$n=4$ – количество показателей.

Весомости показателей, рассчитанных на основании экспертной оценки, принимают следующие значения: $k_1=0,26$; $k_2=0,27$; $k_3=0,37$; $k_4=0,09$ [7].

Для упрощения расчётов площади поверхности почвенных агрегатов принимается положение, что образующиеся при крошении комки имеют форму

кубиков [8]. Площадь S_p (m^2/m^3) поверхности разделов разрыхлённой почвы определяется по формуле:

$$S = 6 \left(\frac{n_1}{K_1} + \frac{n_2}{K_2} + \dots + \frac{n_n}{K_n} \right), \quad (2)$$

где $K_1, K_2 \dots K_n$ – диаметры агрегатов фракционного состава, см;

$n_1, n_2 \dots n_n$ – доля соответствующих фракций, %.

При известной тяговой мощности трактора и суммарной площади поверхности разделов образующихся комков удельный расход мощности на единицу поверхности разделов рассчитывается по формуле:

$$q = N / S_p, \quad (3)$$

где q – удельный расход мощности на 1 m^2 поверхности разделов комков почвы, кВт/ m^2 ;

N – тяговая мощность трактора, кВт;

S_p – площадь поверхности разделов комков, m^2 .

Результаты исследования. Опуская промежуточные расчёты, в таблице 1 приводятся натуральные значения технологических показателей и интегральный показатель качества обработки D при различной влажности пахотного слоя почвы.

Анализ графической части исследования (рис.) показал, что если речь идёт о полупаровой обработке почвы, когда почва несколько иссушена (влажность пахотного слоя в диапазоне 11–12%), то наиболее предпочтительными являются приёмы обработки с применением отвального плуга ПЛН-5-35 или плуга с безотвальными стойками СибИМЭ, имеющие большее значение показателя $D=0,87$. В зоне оптимального крошения (влажность пахотного слоя в пределах 16–17%) значения обобщённого показателя D качества обработки различными безотвальными орудиями ($D=0,87–0,89$) практически одинаковы, поэтому ориентация в выборе такого типа орудий должна строиться с позиции наименьших затрат топлива на гектар. Пахотный слой почвы, влажность которого выше 19–20%, предпочтительнее обрабатывать безотвальными орудиями со стойками СибИМЭ или чизелем ПЧ-4,5 ($D=0,85–0,87$).

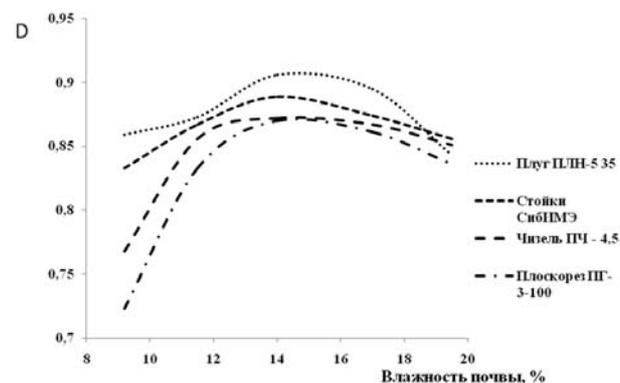


Рис. – Показатель качества основной обработки D различными орудиями в зависимости от влажности почвы

1. Интегральный показатель качества основной обработки D при различной влажности пахотного слоя почвы

Орудия основной обработки	Влажность, %	Натуральный показатель				Интегральный показатель D
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	
Отвалный плуг ПЛН-5-35	9,2	1,7	37,9	67,1	7,6	0,859
	11,5	1,6	32,2	62,9	4,4	0,873
	14,0	1,3	16,9	67,2	4,7	0,906
	17,0	1,8	16,1	71,0	4,7	0,895
	19,5	2,1	39,0	68,3	5,5	0,843
Плуг со стойками СИБИМЭ	9,2	1,9	47,0	68,2	5,5	0,833
	11,5	1,6	33,5	63	6,6	0,867
	14,0	1,3	17,5	56,7	3,3	0,889
	17,0	1,8	16,1	58,1	3,2	0,874
	19,5	2,4	15,4	74,8	4,7	0,856
Чизельный плуг ПЧ-4,5	9,2	1,9	55,1	53,2	7,1	0,768
	11,5	1,6	40,6	63,5	5,4	0,856
	14,0	1,4	29,2	58,2	5,6	0,872
	17,0	2,0	27,5	68,0	5,6	0,867
	19,5	2,2	14,8	58,7	3,0	0,851
Плоскорез ПГ-3-100	9,2	2,0	64,3	59,9	6,1	0,723
	11,5	1,7	40,8	55,8	6,9	0,833
	14,0	1,5	26,5	58,5	6,8	0,870
	17,0	1,8	34,1	58,2	5,5	0,861
	19,5	2,5	28,5	77,1	4,5	0,836

2. Энергетические показатели работы почвообрабатывающих агрегатов

Показатель	Влажность пахотного слоя, %							
	14,0				19,5			
	Плуг ПЛН-5-35	Стойки СИБИМЭ	Чизель ПЧ-4,5	Плоскорез ПГ-3-100	Плуг ПЛН-5-35	Стойки СИБИМЭ	Чизель ПЧ-4,5	Плоскорез ПГ-3-100
Тяговая мощность, кВт	58,1	44,3	51,6	60,7	70,0	53,1	49,5	51,8
Степень крошения, %								
Площадь поверхности разделов, м ²	67,2	56,7	58,2	58,5	68,3	74,8	58,7	77,1
Удельная мощность, кВт/м ²	0,54	0,48	0,55	0,64	0,63	0,44	0,52	0,42

Поскольку основное различие в энергозатратах при работе с различными орудиями заключается в количестве энергии, затрачиваемой на сам процесс крошения и перемешивания пласта, в качестве общего показателя энергоёмкости для орудий пассивного действия выступает тяговая мощность. При этом принимается положение по-

верхностной теории, сформулированной П. Риттингером: работа, необходимая для дробления тела, прямо пропорциональна площади вновь образованной в результате дробления поверхности [8]. В таблице 2 приводятся результаты расчётов удельных энергозатрат на крошение пахотного слоя отвалными и безотвальными орудиями при различной влажности почвы.

Оценка работы орудий по удельному расходу мощности на 1 м² поверхности разделов комков при влажности пахотного слоя 14,0 показала более низкую удельную мощность при обработке плугом со стойками СИБИМЭ в сравнении с плугом ПЛН-5-35. Разница составляла 0,06 кВт/м², при этом наибольшие затраты (0,63 кВт/м²) установлены при обработке плоскорезом ПГ-3-100. При влажности пахотного слоя 19,5% отмечалось увеличение удельных энергозатрат при вспашке плугом ПЛН-5-35 (0,63 кВт/м²) и снижение их при плоскорезной обработке (0,42 кВт/м²), что связано с конструктивными особенностями рабочих органов плоскореза.

Выводы. Условия иссушенного пахотного слоя предполагают применение отвалного плуга ПЛН-5-35 или плуга с безотвальными стойками СИБИМЭ, имеющими большее значение обобщённого показателя $D=0,87$. Пахотный слой почвы при влажности более 19% предпочтительнее обрабатывать безотвальным плугом со стойками СИБИМЭ или чизелем ПЧ-4,5 ($D=0,85-0,87$). При влажности пахотного слоя 14% более низкая удельная мощность, необходимая для крошения пласта, отмечается при обработке плугом со стойками СИБИМЭ (0,48 кВт/м²), при переувлажнённой почве (19,5%) – при обработке плоскорезом ПГ-3-100 (0,42 кВт/м²).

Литература

- ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартиформ, 2008.
- ГОСТ Р 52772007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. М.: Стандартиформ, 2008.
- Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. М.: Агропромиздат, 1987. 383 с.
- Кузыченко Ю.А., Кобозев А.К. Физическое состояние пахотного слоя почвы при различных способах основной обработки в звене севооборота // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1. С. 35–40.
- Кузыченко Ю.А., Кобозев А.К. Энергетические показатели при основной обработке почвы в полевом звене севооборота с занятым паром // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1. С. 40–45.
- Сохт К.А. Машинные технологии возделывания зерновых культур. Краснодар, 2001. 271 с.
- Сохт К.А., Кириченко А.К. Применение метода обобщённого показателя качества при выборе технологической схемы сельскохозяйственных машин // Сборник научных трудов КНИИСХ. Краснодар, 1979. С. 108–113.
- Нагорный Н.И., Белоткач М.П. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий // Механизация и электрификация. 1973. № 12. С. 12–13.