

УДК 631.31

А.И. Панов, канд. техн. наук

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОТАЦИОННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ДЛЯ ТЕПЛИЦ

При энергетической оценке машинно-тракторных агрегатов (МТА) проводится определение энергозатрат на работу машины и сопоставление их с мощностными и тяговыми характеристиками трактора. Для почвообрабатывающих машин определяются такие показатели, как удельная энергоёмкость на единицу производительности, кВт·ч/га, и удельное тяговое сопротивление, кПа. Однако ни один из этих показателей не связан непосредственно с качеством обработки почвы и, прежде всего, со степенью ее крошения, которая существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур.

Почвообрабатывающие машины с активными рабочими органами и приводом от ВОМ трактора основную часть энергии тратят на крошение почвы. Поэтому, сравнивая однотипные машины на одинаковых технологических операциях по энергетическим затратам, необходимо учитывать агротехнические показатели работы [1].

Пути решения данной задачи можно рассмотреть на примере тепличных почвообрабатывающих машин: для вскапывания и фрезерования МПТ-1,5, копателя КР-1,5 и фрезы ФТ-1,5.

Технология обработки тепличных почв при смене культур включает вскапывание (основную обработку) на глубину 25...35 см и предпосевное (предпосадочное) фрезерование (предпосадочное) фрезерование половины пахотного слоя (12...15 см). При вскапывании в обработанном слое должно содержаться не менее 40 % почвенных комков размером более 50 мм с целью лучшего пропаривания в процессе стерилизации почвы. При предпосевном (предпосадочном) фрезеровании почвенные комки размером 1...50 мм должны составлять не менее 70 %.

При испытаниях ротационные машины агрегатировались с трактором Т-45. Работы проводились на тепличном почвенном субстрате, состоящем из смеси торфа, песка, опилок и навоза, влажностью 34...44 % и твердостью 0,7...1,0 МПа.

Для определения степени крошения почвы применялся стандартный метод с разделением отобранных проб на отдельные фракции с помощью набора сит. Каждую фракцию почвы взвешивали и определяли ее массовую долю.

Некоторые показатели агротехнической и энергетической оценки работы машин в теплицах приведены в табл. 1. Из приведенных данных следует, что все машины удовлетворяют агротехническим требованиям. Однако, основываясь на этих данных, невозможно сделать заключение о предпочтительности той или иной машины. Для этого необходима простая и надежная методика сравнения машин по показателям энергоёмкости с учетом качества крошения почвы.

Мощность на ВОМ трактора предложено относить к средневзвешенному размеру почвенного комка, рассчитанного по результатам ситового анализа. Авторы исследования [2] предлагают эффективную мощность двигателя или секундный расход топлива относить к суммарной поверхности почвенных фракций, образованных в результате обработки почвы. В основу обоих методов положена

Таблица 1

Оценка работы машин в теплице

Показатели для машин	МПТ-1,5		ФТ-1,5		КР-1,5	
	Фрезерование	Вскапывание	Фрезерование	Вскапывание	Фрезерование	Вскапывание
Ширина захвата, м	1,5					
Рабочая скорость, м/с	0,64	0,61	0,60	0,79		
Глубина обработки, см	19,5	29,8	19,1	24,8		
Тяговое сопротивление, кН	4,49	5,75	2,9	3,19		
Потребляемая мощность, кВт	8,31	9,8	8,15	18,30		
Удельные энергозатраты, кВт·ч/га	24,04	29,75	25,15	42,9		
Удельное тяговое сопротивление, кН/м	2,99	3,83	1,93	2,13		
Крошение почвы, %, на фракции, мм:						
менее 10	89,6	10,7	49,42	4,5		
10...30	10,4	11,5	12,97	5,0		
30...50	0	3,1	21,8	4,2		
50...100	0	69,9	9,4	51,4		
свыше 100	0	4,8	6,4	34,9		
Содержание фракций, %:						
менее 10 мм	89,6	—	49,42	—		
свыше 50 мм	—	74,7	—	86,3		

гипотеза П. Риттингера, согласно которой работа, затраченная на дробление твердого тела, пропорциональна вновь полученной поверхности частиц. При обработке почвы комки имеют разнообразную форму, однако при расчетах можно принять кубическую форму комков всех фракций с учетом средних значений размеров сит для определения крошения. Формула для расчета суммарной поверхности комков, образующихся в единицу времени при проходе почвообрабатывающей машины, имеет вид

$$S = 0,06abv \sum_{i=1}^n p_i / d_i,$$

где  $a, b, v$  — соответственно глубина обработки, м, ширина захвата, м, и скорость движения, м/с, машины;  $p_i$  — долевой выход соответствующей фракции;  $d_i$  — средняя величина комков в  $i$ -й фракции, мм,  $n$  — число фракций в почвенной пробе.

Из этого уравнения следует, что для определения суммарной поверхности почвенных частиц, образованных при обработке почвы машиной, необходимо располагать данными ситового анализа (фракционным составом) почвы, а также технологическими  $a, b$  и кинематическими  $v$  параметрами работы машины.

В табл. 2 приведены расчетные данные величины  $S$  для каждой из сравниваемых машин. Основная доля мощности, необходимая для крошения почвы, передается через ВОМ трактора (до 80...85%). Удельный расход мощности, потребный на создание единицы поверхности вновь образованных комков, определим с помощью показателя  $N_{\text{ВОМ}}/S$ .

Анализ полученных данных показывает, что копатель КР-1,5 на операции вскапывания не имеет преимуществ по сравнению с машиной МПТ-1,5 по удельным затратам мощности, хотя образует больше комков размером свыше 50 мм. На фрезерных режимах преимущество имеет фреза ФТ-1,5: ее удельная мощность на 25...40% меньше, чем у МПТ-1,5.

Таким образом, учет крошения почвы, выраженный через суммарную поверхность вновь

образованных комков, дает достаточно полную оценку степени совершенства рабочих органов по удельным затратам мощности на обработку почвы.

Следует отметить, что рассмотренный способ сравнения почвообрабатывающих машин имеет и свои недостатки: трудоемкость расчетов суммарной поверхности комков и неполный ее учет из-за ограниченного диапазона фракционного состава ( $5 \text{ мм} < d_i < 100 \text{ мм}$ ). Полагая, что распределение фракционного состава почвенных комков подчиняется нормальному закону, авторы работы [2] предложили учитывать поверхность комков с помощью построения графика зависимости  $S = f(d_i)$  с более широким диапазоном размеров фракций. Но и в этом случае точность определения будет зависеть от диапазона учета всего фракционного состава обработанной почвы. На практике это приведет к увеличению числа применяемых сит и сложностям построения графиков функций распределения размера комков  $f(d_i)$  и зависимости  $S = f(d_i)$ .

Значительно проще определять удельные затраты мощности по срезовзвешенному размеру почвенного комка  $d_{\text{ср}}$  и вычислять удельный расход мощности, кВт/см, для его получения:

$$N_{\text{уд}} = N_{\text{ВОМ}} / d_{\text{ср}}$$

В табл. 2 приведены величины  $d_{\text{ср}}$  и  $N_{\text{уд}}$  для сравниваемых машин на соответствующих операциях. На вскапывании почвы преимущество имеет копатель КР-1,5, так как дает больший размер средневзвешенного почвенного комка, чем машина МПТ-1,5, работающая на частоте вращения барабана, не соответствующей режиму вскапывания. На операциях фрезерования преимущество остается за фрезой ФТ-1,5.

Второй метод оценки сравниваемых машин по удельным затратам мощности значительно проще первого и дает достаточно объективную оценку эффективности почвообрабатывающих машин по качеству крошения почвы. Кроме того, он позволяет обосновать пути совершенствования конструкции рабочих органов машин. Так, проведенный анализ показал, что в машине МПТ-1,5 необходимо уменьшить диаметр ножевого барабана и выбрать оптимальную частоту его вращения, соответствующую режиму работы (вскапывание или фрезерование).

Таблица 2

Расчетные данные

Показатели	МПТ-1,5		ФТ-1,5	КР-1,5
	Фрезерование	Вскапывание		
Эффективная мощность двигателя $N$ , кВт	12,8	25,8	18,0	10,0
Мощность на ВОМ $N_{\text{ВОМ}}$ , кВт	10,2	22,7	15,1	7,8
Суммарная поверхность фракций $S$ , м <sup>2</sup>	307	202	231	260
Средневзвешенный размер комка $d_{\text{ср}}$ , см	1,84	1,27	1,41	2,72
Удельные затраты мощности:				
$N_{\text{уд}} = N_{\text{ВОМ}}/S$ , кВт/м <sup>2</sup>	0,033	0,112	0,065	0,030
$N_{\text{уд}} = N_{\text{ВОМ}}/d_{\text{ср}}$ , кВт/см	5,54	17,87	10,70	2,86

энергетическую оценку почвообрабатывающих машин следует проводить с обязательным учетом качества крошения почвы.

Наиболее объективно оценить совершенство рабочих ор-

ганов в соответствии с этим показателем можно по удельным затратам мощности, отнесенным к средневзвешенному диаметру почвенного комка, полученному на основании анализа фракционного состава обработанной почвы.

Следует внести соответствующие дополнения в методику энергетической оценки почвообрабатывающих машин.

УДК 681.2:621.9

*Н.Ж. Шкаруба, канд. техн. наук*

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНЕНИЙ С ЗАЗОРОМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ

Практика показывает, что при изготовлении деталей погрешности неизбежны и достичь абсолютной точности невозможно. Под точностью обработки понимается степень соответствия действительных размеров готовой детали номинальным значениям, заданным на чертеже или в технических условиях на изготовление или ремонт детали.

Основные факторы, влияющие на точность детали в процессе обработки, связаны с физико-механическими свойствами материала и условиями обработки — погрешностями станка, приспособлений, обрабатывающего инструмента, способа установки, метода зажима, размера операционного припуска, температуры процесса и т. д.

После обработки детали, образующие соединения, подвергаются контролю. Любое средство измерений имеет погрешность, поэтому неизбежно формирование ошибок контроля первого и второго рода, когда по границам поля допуска часть годных деталей попадает в бракованные и, наоборот, часть бракованных — в годные.

Для обеспечения взаимозаменяемости нужно знать, как распределяются по полю допуска (и за его границы) размеры деталей, какой закономерности подчиняется такое распределение. При действии трех и более факторов опытное рассеяние размеров чаще всего согласуется с законом нормального распределения. Основываясь на этом, можно определить уровень согласованности поля допуска детали с зоной рассея-

### Список литературы

1. Панов, А.И. Совершенствование методов энергетической оценки тепличных почвообрабатывающих машин / А.И. Панов, В.Г. Селиванов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1997. — № 6. — С. 24–25.
2. Нагорный, Н.Н. Энергетическая оценка почвообрабатывающих орудий / Н.Н. Нагорный, М.П. Белоткач // Тракторы и сельхозмашины. — 1980. — № 7. — С. 7–9.

ния для последующей оценки и исключения брака при сборке деталей и образовании соединений.

Наличие ошибок контроля первого и второго рода ведет к тому, что на сборке могут образовываться такие соединения, у которых будут нарушены границы допуска посадки. Кроме этого, годные детали, размеры которых лежат на границе поля допуска при соединении с деталями, размеры которых выходят за границы поля допуска, также могут влиять на количество бракованных соединений. Таким образом, для посадки с зазором нарушение нижней границы может привести к перегреву и заклиниванию соединения, а нарушение верхней границы —

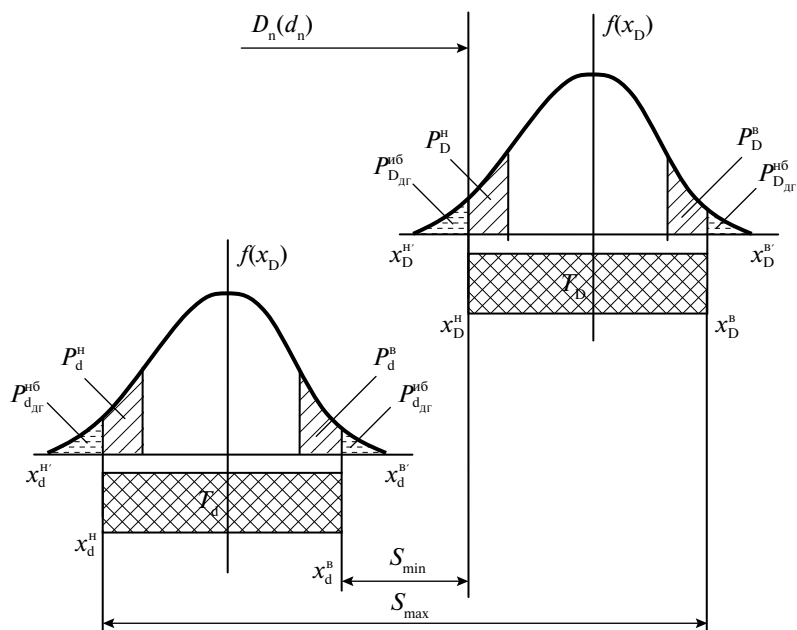


Рис. 1. Схема к определению влияния погрешности средств измерений на вероятностные характеристики сборки