

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

М. Г. ГЕРШЕВИЧ
М. П. СЕРГЕЕВ
И. Г. ШТАРБЕРГ

Определяющие параметры сельскохозяйственных мобильных агрегатов — ширина захвата и скорость движения. Еще акад. В. П. Горячкин указывал на необходимость определить «предельные размеры сельскохозяйственных двигателей, машин и орудий, величина которых не может быть беспредельно велика по условиям работы».

В настоящее время, при все возрастающих мощностях тяговых средств, научно-техническое обоснование вопросов оптимизации параметров тракторных агрегатов имеет особое значение.

Есть различные методические подходы к решению этого вопроса.

Нами проделана работа по установлению оптимальных параметров агрегатов при возделывании сои.

Для рационального решения этой задачи необходимо определить критерий. Известно, что эффективность процессов сельскохозяйственного производства определяется количеством продукции и издержками на ее производство.

Себестоимость производства зерна сои можно выразить зависимостью:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{D_i}{W_i} + \sum_{p=1}^n D_p}{u} \quad (1)$$

где: C — себестоимость 1 ц зерна сои, руб.,

D_i — прямые эксплуатационные издержки за час работы i -го агрегата, руб/час,

D_p — постоянные издержки (семена, удобрения и т. д.), руб/га,

W_i — производительность i -го агрегата, га/час,

m — число операций по возделыванию сои,

n — число операций, на которых имеются постоянные издержки,

u — урожайность зерна сои, ц/га.

Таким образом, себестоимость сои зависит в основном от величины урожайности и издержек, связанных с использованием техники.

Урожайность сои, в свою очередь, зависит от многих факторов:

метеорологических, качественных показателей, условий работы, выбора машин, агротехнологических требований, технологии возделывания, — комплекс влияний которых трудно выразить аналитически. При дальнейшем изложении вопроса условимся (с определенным допущением) считать урожайность культуры величиной, не зависящей от параметров агрегатов.

Тогда себестоимость механизированного производства сои будет определяться затратами на обработку 1 га. При этом решающий фактор снижения издержек при выполнении отдельных операций — производительное использование агрегатов.

Производительность агрегатов зависит, в основном, от ширины захвата агрегата и скорости его движения. Оптимальные значения этих факторов связаны с зональными условиями, в которых используется техника, и от технологии возделывания культуры.

Оптимизация параметров агрегатов при возделывании сои дает возможность повысить производительность этих агрегатов, а тем самым удешевить производство сои.

Производительность агрегата выразим формулой:

$$W = 75 \frac{N_e''}{K} \eta_N \eta_T \tau \text{ м}^2/\text{сек.} \quad (2)$$

где: N_e'' — номинальная эффективная мощность двигателя, л. с.,
 K — удельное сопротивление агрегата, кг/м,
 η_N — коэффициент, характеризующий степень использования эффективной мощности двигателя,
 η_T — тяговый КПД трактора,
 τ — коэффициент использования времени смены.

Тяговый КПД трактора с учетом исследований А. Г. Соловейчика может быть представлен следующим выражением:

$$\eta_T = \eta_0 \eta_m - \frac{g_T f V B}{75 N_e''} \quad (3)$$

где: η_0 — коэффициент буксования трактора,
 η_m — коэффициент, учитывающий потери мощности в трансмиссии и ходовой части трактора,
 g_T — эксплуатационный вес трактора, приходящийся на единицу захвата агрегата, кг/м,
 f — коэффициент сопротивления перекатывания трактора,
 V — скорость движения агрегата, м/сек,
 B — ширина захвата агрегата, м.

Потери мощности в трансмиссии и на буксование в нашем случае приняты постоянными. О незначительности погрешности такого допущения свидетельствует ряд исследований.

Коэффициент использования мощности двигателя выразим следующим соотношением:

$$\eta_N = K_N B V, \quad (4)$$

где $K_N = \frac{K}{75 N_e''} \text{ сек./м}^2$.

Коэффициент использования времени смены определяется следующим выражением:

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \tau_{ci} - (m-1)}{\sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{\tau_i} - (n-1)} = \frac{\tau_c}{\frac{1}{\tau_{ав}} + \frac{1}{\tau_0} - 2}, \quad (5)$$

где: τ_c — суммарный коэффициент, учитывающий внецикловые потери времени, смены,

$\tau_{дв}$ — коэффициент времени движения,

$\tau_{то}$ — коэффициент, учитывающий потери времени на технологическое обслуживание агрегата.

Принимая $\tau_c = \text{const}$, выразим по элементам все остальные составляющие уравнения.

Коэффициент использования времени движения представим следующей зависимостью:

$$\tau_{дв} = \frac{1}{1 + \frac{BV}{LK_{кс}}}, \quad (6)$$

где: L — длина гона, м,

$K_{кс}$ — коэффициент кинематической согласованности (8), сек/м.

Коэффициент технологического обслуживания агрегата определяется следующим образом:

$$\tau_{то} = \frac{1}{1 + \frac{t_{то}}{L_{то}} BV} = \frac{1}{1 + K_{то} BV}, \quad (7)$$

где: $t_{то}$ — средние затраты времени на одно технологическое обслуживание единицы захвата агрегата, сек/м,

$L_{то}$ — средний путь, проходимый агрегатом до очередного технологического обслуживания, м,

$$K_{то} = \frac{t_{то}}{L_{то}} \text{ сек/м.}$$

Удельное сопротивление агрегата в зависимости от режима его работы можно выразить следующим уравнением:

$$K = K_0 + aV^2, \quad (8)$$

где K_0 , a — величины, не зависящие от скорости движения агрегата.

Учитывая полученные выражения, формула производительности (2) примет вид:

$$W = \frac{(75 N_c^n \eta_m \eta_b - g_T f BV) K_N \tau_c BV}{(K_0 + aV^2) \left[1 + \left(K_{то} + \frac{1}{LK_{кс}} \right) BV \right]} \quad (9)$$

Для определения оптимальных значений V_{opt} , B_{opt} по производительности (при заданных условиях эксплуатации) необходимо и достаточно найти экстремальное значение функции $W = f(V, B)$, исследовав ее на оптимум по B и V .

В результате из условия $\frac{dW}{dB} = 0$ получим:

$$B_{opt}^w = \frac{\sqrt{1 + \frac{75 N_c^n \eta_m \eta_b \left(K_{то} + \frac{1}{LK_{кс}} \right)}{g_T f} - 1}}{V \left(K_{то} + \frac{1}{LK_{кс}} \right)} \quad (10)$$

Так как $W = f(V)$ выражается сложной зависимостью, для нахождения экстремальных значений V_{opt}^w использован способ разложения функции в ряд К. Маклорена:

$$W = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} V + \frac{f''(0)}{2!} V^2 + \frac{f'''(0)}{3!} V^3 + \dots + \frac{f^n(0)}{n!} V^n + \dots$$

Из условия $\frac{dW}{dV} = 0$ находим:

$$V_{opt}^w = \frac{75 N_c'' \gamma_M \gamma_6}{B [g_T f + 75 N_c'' \gamma_M \gamma_6 \left(K_{то} + \frac{1}{LK_{КС}} \right)]} \quad (11)$$

Дальнейший анализ функции $W = f(V, B)$ на условие экстремума показывает, что вторая частная производная функции в точках B_{opt}^w и V_{opt}^w имеет отрицательное значение, что подтверждает наличие ее максимальных значений.

В связи с тем, что параметры агрегата определяются не только техническими, но и, в неменьшей мере, технологическими факторами, выбор их оптимальных значений в каждом конкретном случае должен производиться с учетом агротехнических требований по условиям (2):

- 1) $B_{opt} = B_{opt}^w$, если $B_{opt}^w \leq B_{lim}^a$
 $B_{opt} = B_{lim}^a$, если $B_{opt}^w > B_{lim}^a$
- 2) $V_{opt} = V_{opt}^w$, если $V_{opt}^w \leq V_{lim}^a$
 $V_{opt} = V_{lim}^a$, если $V_{opt}^w > V_{lim}^a$,

где: B_{opt}^w, V_{opt}^w — оптимальные по производительности соответственно ширина захвата и скорость движения агрегата,
 B_{lim}^a, V_{lim}^a — предельные по агротехническим требованиям соответственно ширина захвата и скорость движения агрегата.

В соответствии с изложенными методическими принципами и основываясь на соответствующих экспериментальных исследованиях, авторами определены параметры агрегатов для междурядной обработки сои в условиях Амурской области.

Оптимальные значения параметров агрегатов при культивации сои в агрегате с трактором ДТ-75 в условиях области находятся в пределах:

ширина захвата $B_{opt} = 9-11$ м,
 рабочая скорость $V_{opt} = 6-7$ км/час.

Необходимо отметить, что на выбор параметров агрегатов большое влияние оказывают технологические условия их применения. Так, в наших опытах увеличение ширины междурядий сои до 60 см (при однострочном посеве) и до 90 см (при ленточном двустрочном посеве) позволило увеличить ширину захвата агрегата на 16%. При этом агротехнический диапазон рабочих скоростей при допустимой величине подрезания растений увеличился на 1,5 км/час. Эти технологические изменения не привели и к снижению урожая сои.

В заключение приведем данные об эффективности использования агрегата с оптимальными параметрами (I — Т-38+КРН-4,2; II — ДТ-75+СН-75+2КРН-2,8+КРН-4,2; III — ДТ-75+СН-75+3КРН-4,2):

	I	II	III
Рабочая ширина захвата, м	3,15	8,4	10,65
Рабочая скорость, км/час	7,2	6,8	6,8
Производительность агрегата, га/час	2	4,27	5,1
Затраты труда, чел.-час./га	0,5	0,23	0,19
Прямые эксплуатационные издержки, руб/га	1,6	1,42	1,22

ЛИТЕРАТУРА

1. Горячкин В. П. Собр. соч., т. I, М., 1965.
2. Веденяпин Г. В., Киртбая Ю. К., Сергеев М. П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М., 1963.
3. Иофинов С. А. Об оптимальных скоростях движения тракторных агрегатов. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», № 5, 1964.
4. Киртбая Ю. К. Элементы теории оптимальных параметров мобильных с/х агрегатов. «Тракторы и с.-х. машины», № 12, 1966.
5. Жукевич К. И. Обоснование основных параметров килтивателей для сплошной обработки почв. — В кн.: Вопросы земледельческой механики, т. IX. Минск, 1963.
6. Соловейчик А. Г. Исследование взаимосвязи параметров мощности двигателя веса и скорости гусеничного трактора класса 3 т в зависимости от его энергонасыщенности. — В кн.: Повышение скорости машинно-тракторных агрегатов. М., 1962.
7. Агеев Д. Е. Затраты энергии тракторным агрегатом при работе на повышенных скоростях. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», № 5, 1962.
8. Мищенко А. А. О кинематической согласованности многомашинных агрегатов. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», № 10, 1966.
9. Гершевич М. Г., Сергеев М. П. Широкозахватные агрегаты на обработке сои. «Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока», № 9, 1966.