

Решая совместно выражения (1), (5), (6) и (7), получим

$$L_p = \frac{\left[ (G_{пр} + G_{гр}) l_2 + \varphi G_{пр} h_{пр} + \varphi G_{гр} \left( h_{пл} + \frac{h_x}{2} \right) \right] - L_{п} m_2 g}{4c_2 L_{п} \sin \frac{\beta r_{п} \varphi}{2k_1 L_{п}} \left[ G_{гр} l_2 + \varphi G_{пр} h_{пр} + \varphi G_{гр} \left( h_{пл} + \frac{h_x}{2} \right) \right]}$$

или, упрощая это выражение, получим

$$L_p = \frac{(G l_2 + \varphi G h_{гп}) - L_{п} m_2 g}{4c_2 L_{п} \sin \frac{\beta r_{п} \varphi}{2k_1 L_{п}} (G_{гр} l_2 + \varphi G h_{гп})}$$

где  $G$  — общий вес прицепа;  $h_{гп}$  — высота центра тяжести груженого прицепа.

При расчете установочных параметров регулятора тормозных сил необходимо увязывать характеристику регулятора тормозных сил с конкретными характеристиками тормозной системы и подвески прицепа, иначе возможности регулятора будут недостаточно использованы.

### Л и т е р а т у р а

1. Беленький Ю.Б., Дронин М.И., Метлюк Н.Ф. Новое в расчете и конструкции тормозов автомобилей. М., 1965.
2. Розанов В.Г. Торможение автомобиля и автопоезда. М., 1964.

И.П. Ксенович

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ (МТА)

Рациональные параметры перспективных машинно-тракторных агрегатов необходимо определять исходя из их производительности в условиях конкретных расчетных зон.

Пределы повышения производительности МТА на каждой операции определяются уровнем развития техники и условиями сельскохозяйственного производства: структурой посевных пло-

шадей, технологией возделывания культур и обработки почвы, почвенно-климатическими условиями и организацией территории, объемом работ и агротехническими сроками их выполнения, т.е. наиболее устойчивыми для сельскохозяйственного производства показателями. Производительность машинно-тракторного агрегата в этом случае – функция оптимальных режимов работы – скорости движения, ширины захвата и коэффициента использования рабочего времени. Первые две величины независимы друг от друга (при условии достаточной мощности двигателя). Коэффициент использования рабочего времени представляет собой функцию многих переменных, основные из которых: ширина захвата, рабочая скорость, длина гона, площадь участков и их разрозненность, техническая характеристика агрегата и т.д.

Таким образом, задача сводится к определению функциональных зависимостей между шириной захвата, скоростью движения и коэффициентом использования рабочего времени в конкретных природно-климатических условиях для каждой операции сельскохозяйственного производства.

Как известно, коэффициент использования рабочего времени равен отношению чистого рабочего времени к времени смены.

$$\zeta = T_p / T_{см} \quad (1)$$

Баланс времени смены может быть представлен выражением

$$T_{см} = T_{пз} + T_p + T_{пов} + T_{то} + T_{пер} + T_{обс} + T_{отл} \quad (2)$$

где  $T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время (технический уход, прием и сдача агрегата);  $T_p$  – время основной работы;  $T_{пов}$  – время на холостые повороты и заезды агрегата на загоне;  $T_{то}$  – время циклических технологических остановок на загрузку (семян, удобрений);  $T_{пер}$  – время на внутрисменные переезды с поля, с участка на участок, в том числе подготовка к переезду и к работе после переезда;  $T_{обс}$  – техническое обслуживание агрегата в загоне (устранение мелких неполадок, подтяжка креплений и т.д.);  $T_{отл}$  – время на отдых и личные надобности.

Некоторые составляющие баланса времени смены в расчетах принимаются постоянными [1]. Однако постоянным является только время на отдых и личные надобности, остальные составляющие – переменные величины. Определим функциональную зависимость этих составляющих общего баланса времени на  $i$ -й операции, например на посеве.

Подготовительно-заключительное время состоит из времени технического ухода за трактором, включая сдачу и прием агрегата. Время ухода за сеялками совмещается со временем ухода за трактором. Время на сдачу и прием агрегата составляет 25% времени технического ухода. С достаточной точностью график  $T_{пз} = f(N)$  можно аппроксимировать линейной зависимостью  $T_{пз} = 0,0015 N + 0,35$  ч. Выражая эффективную мощность двигателя  $N$  через крюковую и мощность на привод рабочих органов через ВОМ получим

$$T_{пз} = 0,0015 \left\{ \frac{B v \left[ k_o \left( 1 + \frac{\epsilon}{100} \right) + f_c \gamma_c \right]}{210 \eta_T \epsilon_{им}} + \frac{k_{ВОМ} B}{\eta_{пр} \epsilon_{им}} \right\} + 0,35, \quad (3)$$

где  $B$  - ширина захвата, м;  $k_o$  - удельное сопротивление орудия, кг/м;  $\epsilon$  - прирост тягового сопротивления при изменении скорости на 1 км/ч, %;  $v$  - скорость движения, км/ч;  $f_c$  - сопротивление передвижению сцепки;  $\gamma_c$  - удельная металлоемкость сцепки, кг/м;  $\eta_T$  - тяговый к.п.д. трактора;  $\epsilon_{им}$  - коэффициент загрузки двигателя;  $k_{ВОМ}$  - удельная мощность привода, л.с./м;  $\eta_{пр}$  - к.п.д., учитывающий потери в механизме привода. Время поворотов и заездов на загоне за смену зависит от состава агрегата, длины гона, способа движения агрегата на загоне и скорости движения под загрузкой и на поворотах. Время поворотов агрегата  $T_{пов} = \tau_{пов} \frac{T_p}{T_r}$ , где  $\tau_{пов}$  - коэффициент поворотов, равный  $\frac{t_{пов} v}{3,6L} + \frac{t'_{пов} E v}{18000 F}$ , т.е. время поворотов в часах, приходящееся на час чистой работы:

$$\tau_{пов} = \frac{t_{пов} v}{3,6L} + \frac{t'_{пов} E v}{18000 F}, \quad (4)$$

где  $t_{пов}$  - средняя продолжительность одного поворота на загоне, с;  $t'_{пов}$  - средняя продолжительность одного поворота на поворотной полосе;  $v$  - скорость рабочего хода агрегата, км/ч;  $E$  - ширина поворотной полосы, м;  $L$  - длина гона, м;  $F$  - площадь участка, га.

Средняя продолжительность одного поворота выражается линейной зависимостью от ширины агрегата и аппроксимируется уравнением.

$$t = 0,000727 B + 0,0061 \text{ ч.} \quad (5)$$

Ширина поворотной полосы зависит от ширины агрегата и может быть представлена выражением  $E = c_1 B$ , где  $c_1$  - коэффициент пропорциональности (для посева можно принять  $c_1 = 1$ ).

Принимая среднюю продолжительность одного поворота на загоне и на поворотной полосе равной с учетом выражений (4) и (5), получим

$$\tau_{\text{пов}} = (0,000727B + 0,0061) \sqrt{0,278L + \frac{c_1 B}{18000 F}}. \quad (6)$$

Время циклических технологических остановок  $T_{\text{то}} = \tau_{\text{то}} T_p$  зависит от нормы высева семян или внесения удобрений, от емкости семенных ящиков и бункеров, продолжительности одной загрузки (выгрузки) и рабочей скорости движения.

Коэффициент загрузки (выгрузки), характеризующий отношение времени на загрузки (выгрузки) ко времени чистой работы,

$$\tau_{\text{то}} = t_{\text{заг}} \frac{W H_B}{V \Psi \gamma},$$

где  $t_{\text{заг}}$  - время одной загрузки, ч;  $W$  - чистая часовая производительность, га/ч;  $H_B$  - норма высева семян и удобрений, кг/га;  $V$  - емкость семенного ящика, м<sup>3</sup>;  $\Psi$  - коэффициент использования емкости;  $\gamma$  - плотность семян, кг/м<sup>3</sup>.

Зависимость времени одной загрузки от ширины захвата агрегата определяется эмпирическим уравнением  $t = 0,00455B + 0,0284$  ч. Чистая часовая производительность  $W = 0,1B$  в.

Объем ящиков сеялки в зависимости от ширины захвата выражается формулой  $V = c_2 B$ , где  $c_2$  - коэффициент пропорциональности (для сеялки СД-24  $c_2 = 0,09$ ).

С учетом этого:

$$\tau_{\text{то}} = \frac{(0,000455B + 0,00284) \sqrt{H_B}}{c_2 \Psi \gamma}. \quad (7)$$

Время внутрисменных переездов зависит от средней площади участков и длины гона, чистой часовой производительности машинно-тракторного агрегата, организации территории, сложности монтажно-демонтажных работ, средней продолжительности одного переезда, количества однотипных агрегатов, одновременно работающих на поле,

$$T_{\text{пер}} = \left( t_{\text{пп}} + \frac{l_{\text{пер}}}{v_{\text{пер}}} \right) \frac{W}{F} T_p,$$

где  $W$  - чистая часовая производительность, га/ч;  $t_{\text{пп}}$  - время подготовки к переезду, ч;  $l_{\text{пер}}$  - расстояние переезда, км;

$v_{\text{пер}}$  - скорость движения при переезде, км/ч. Коэффициент внутрисменных переездов

$$\tau_{\text{пер}} = (t_{\text{пп}} + \frac{1}{v_{\text{пер}}}) \frac{0,1 B v}{F}.$$

Принимаем для модельного хозяйства в условиях БССР среднюю длину переезда - 3,1 км, а среднюю скорость переезда - 5,5 км/ч [2].

Время подготовки к переезду представим линейной зависимостью  $t_{\text{пп}} = a'_{11} B + a'_{12}$ . Тогда

$$\tau_{\text{пер}} = (a_{11} B + a_{12} + 0,0565) \frac{B v}{F}, \quad (8)$$

где  $a'_{11} = a'_{11} 0,1$ .

Время обслуживания агрегата на загоне включает время очистки рабочих органов, проверки качества работы, технологических регулировок сельскохозяйственных машин и их рабочих органов на загоне и время на устранение мелких неполадок. Эти затраты времени зависят в основном от условий работы, состояния агрегата и продолжительности рабочего времени. Затраты времени на обслуживание агрегата определяются наблюдением. Для посевного агрегата они могут быть представлены зависимостью

$$T_{\text{обс}} = (0,00078 - 0,0000254 B) B v T_{\text{см}}. \quad (9)$$

Время на отдых и личные надобности, согласно нормам, принимаем 0,25 часа [3]. Составим баланс времени смены при заданных условиях работы.

Чистое рабочее время смены

$$T_{\text{р}} = \frac{T_{\text{см}} - (T_{\text{пз}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}})}{1 + \tau_{\text{пов}} + \tau_{\text{то}} + \tau_{\text{пер}}}. \quad (10)$$

Представив входящие в уравнение зависимости в общем виде, получим

$$T_{\text{р}} = \frac{T_{\text{см}} - (a_1 B v + a_2 + a_2' + a_3 B v T_{\text{см}} - a_4 B^2 v T_{\text{см}} + a_5 a_8 B v L + a_6 a_8 v L + \frac{a_5 a_7 B^2 v}{F} + \frac{a_6 a_7 B v}{F} + T_{\text{отл}})}{1 + \tau_{\text{пов}} + \tau_{\text{то}} + \tau_{\text{пер}}}$$

$$\frac{+T_{\text{отл}}}{+ \frac{a_9 B v H_V + a_{10} v H_V}{a_{15} \psi \gamma} + \frac{a_{11} B^2 v}{F} + \frac{a_{12} B v}{F} + \frac{a_{13} B v}{F}}, \quad (11)$$

где  $a_1 = \frac{k_o (1 + \frac{\epsilon}{100})}{\xi_{\text{им}} \eta_T} + \gamma_c f_c$  0,0015 - для посевных с.-х. машин;  $a_1' = \frac{\gamma_c f_{\text{ор}} + a k_o + \epsilon a v^2}{\xi_{\text{им}} \eta_T}$  0,0015 - для пахотных с.-х. машин;

$a_2 = \frac{k_{\text{вОМ}}}{\eta_{\text{пр}} \xi_{\text{им}}}$  0,0015;  $a_3, \dots, a_{15}$  - коэффициенты,

постоянные для  $i$ -й операции;  $\gamma_c$  - удельная металлоемкость сцепки, кг/м;  $f_c, f_{\text{ор}}$  - коэффициент сопротивления передвижению сцепки, орудия;  $\epsilon$  - прирост тягового сопротивления при изменении скорости на 1 км/ч.

Коэффициент использования времени смены на  $i$ -й операции

$$\tau_i = \frac{1 - B v \left( \frac{a_1}{T_{\text{см}}} + a_3 - a_4 B \right) - \frac{d_2}{T_{\text{см}}}}{1 + B v \left( d_3 L + \frac{d_4}{F} + d_5 \frac{H_V}{\psi \gamma} \right) + B^2 v \left( \frac{d_6}{F} + d_7 \frac{H_V}{\psi \gamma} \right) + d_8 v L}, \quad (12)$$

где  $d_2 = a_2 + a_2' + a_{14}$ ;  $d_3 = a_5 a_8$ ;  $d_4 = a_6 a_7 + a_{12} + a_{13}$ ;

$d_5 = a_{10} : a_{15}$ ;  $d_6 = a_5 a_7 + a_{11}$ ;  $d_7 = a_9 : a_{15}$ ;  $d_8 = a_6 a_8$ .

Анализ полученных зависимостей показал, что в конкретных производственных условиях увеличение ширины захвата и скорости движения приводит к уменьшению коэффициента использования рабочего времени (рис. 1).

Производительность машинно-тракторного агрегата [2]

$$W_{\text{см}} = 0,1 \prod_{k=1}^5 k B v \tau \text{ га/ч}, \quad (13)$$

где  $\prod_{k=1}^5 k$  - произведение поправочных коэффициентов на рельеф, каменистость, изрезанность, конфигурацию участка и влажность почвы.

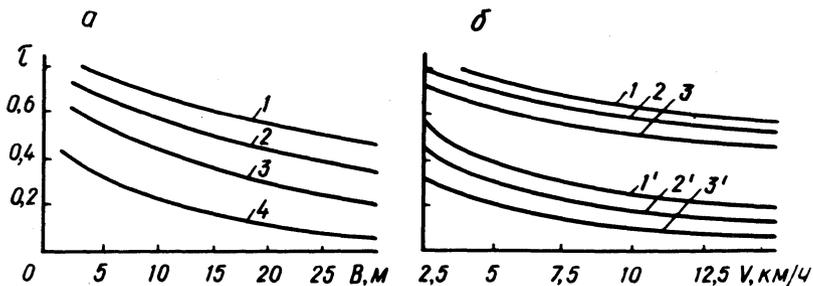


Рис. 1. Зависимость коэффициента использования рабочего времени:

а—от ширины захвата агрегата при  $v=10 \text{ км/ч}$  и  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}$ : 1—1000/140; 2—500/24; 3—250/6; 4—100/1,5;

б—от скорости движения агрегата: 1—3— $B=5; 10; 20 \text{ м}$ ;  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}=500/24$ ; 1'—3'— $B=5; 10; 20 \text{ м}$ ;  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}=100/1,5$ .

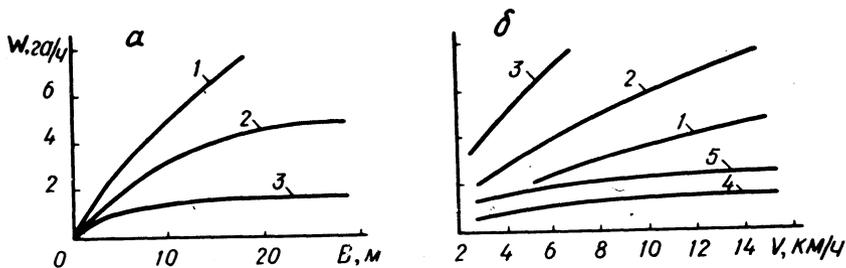


Рис. 2. Зависимость производительности машинно-тракторного агрегата:

а—от ширины захвата при  $v=8 \text{ км/ч}$  и  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}$ : 1—500/24; 2—250/6; 3—100/1,5;

б—от скорости движения: 1—3— $B=5; 10; 20 \text{ м}$ ;  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}=500/24$ ; 4—5— $B=5; 20 \text{ м}$ ;  $L_{\text{ср}}/F_{\text{ср}}=100/1,5$ .

Подставив значения  $\tau$ , получим

$$W_{\text{ср}} = \frac{0,1 \Pi \sum_{k=1}^5 k B v \left[ 1 - B v \left( \frac{a_1}{T_{\text{ср}}} + a_3 - a_4 B \right) - \frac{d_2}{T_{\text{ср}}} \right]}{1 + B v \left( d_3 L + \frac{d_4}{F} + d_5 \frac{H}{\psi \gamma} \right) + B^2 v \left( \frac{d_6}{F} + d_7 \frac{H}{\psi \gamma} \right) + d_8 v L} \quad (14)$$

При  $T_{\text{см}} = \text{const}$  формула (14) для определения производительности имеет вид

$$W_{\text{см}} = \frac{0,1 \prod_{k=1}^5 k \left[ B^3 v^2 a_4 - B^2 v^2 d_1 + B v (1 - d_2') \right]}{1 + B v \left( d_3 L + \frac{d_4}{F} + d_5 \frac{H_B}{\Phi \gamma} \right) + B^2 v \left( \frac{d_6}{F} + d_7 \frac{H_B}{\Phi \gamma} \right) + d_8 v L}, \quad (15)$$

где  $d_2' = \frac{d_2}{T_{\text{см}}}$ ;  $d_1 = \frac{d_1}{T_{\text{см}}} + a_3$ .

Зависимость производительности от ширины захвата агрегата и скорости его движения является непрерывной функцией.

Взяв первую производную и приравняв ее к нулю, получим

$$\frac{dW_{\text{см}}}{dV} = B^4 v^2 m_1 + B^3 (m_2 v^2 + m_3 v^3) + B^2 (m_4 v^3 + m_5 v^2 + m_6 v) + B (m_7 v^3 + m_8 v^2) + m_9 v^2 + m_{10} v = 0. \quad (16)$$

При  $v = \text{const}$  уравнение сводится к виду

$$n_1 B^4 + n_2 B^3 + n_3 B^2 + n_4 B + n_5 = 0, \quad (17)$$

где  $n_1, \dots, n_5, m_1, \dots, m_{10}$  - произведения постоянных для заданных условий коэффициентов.

Решая уравнения (17) относительно  $B$  для конкретных скоростей движения и производственных условий, получим значение оптимальной ширины захвата, которая обеспечивает максимальную производительность агрегата. Графический анализ зависимостей (15) и (16) показал, что существуют параметры агрегата, обеспечивающие его максимальную производительность в заданных условиях (рис. 2).

## В ы в о д ы

1. Для расчета производительности перспективных МТА и их параметров на каждой операции сельскохозяйственного производства необходимо установить функциональные зависимости коэффициента использования времени смены от ширины захвата и

скорости движения в конкретных природно-климатических условиях расчетной зоны.

2. Для конкретных производственных условий (длина гона, площадь участка и т.д.) существует определенное значение максимальной производительности и соответствующие ей параметры машинно-тракторных агрегатов и режимы их работы.

Предельные рациональные значения параметров МТА, скорости движения и производительности определяются экономической целесообразностью по известным критериям.

### Л и т е р а т у р а

1. Мининзон В.Н. О номинальном тяговом усилии сельскохозяйственного трактора. - "Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства", 1965, №5. 2. Методика расчета показателей машинно-тракторных агрегатов и многовариантных технологических карт с применением электронно-вычислительных машин. Минск, 1967. 3. Методика разработки нормативных материалов на механизированные полевые работы. М., 1970.

П.П. Артемьев

### К МЕТОДИКЕ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАКТОРНЫХ ПОЕЗДОВ

Скорость движения и масса перевозимого груза - основные факторы, определяющие производительность тракторных поездов. Однако между ними для конкретного тракторного поезда определенного класса при работе в идентичных условиях и одинаковой загрузке двигателя существует обратная криволинейная зависимость, выражаемая формулой

$$v_{\text{т}} = \frac{1000 N_e \eta_{\text{тр}}}{\Psi g (M_{\text{пр.с}} + M_{\text{тр}})} \quad \text{м/с}, \quad (1)$$

где  $N_e$  - мощность двигателя, кВт;  $\eta_{\text{тр}}$  - к.п.д., учитывающий потери в трансмиссии;  $\Psi$  - коэффициент суммарного сопротивления дороги;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $M_{\text{тр}}$  - масса трактора, кг;  $M_{\text{пр.с}}$  - масса прицепного состава, кг.