

Mechanizacija i elektrifikacija socialističeskogo  
sel'skogo chozjajstva  
(1970) 2, S. 32/33

B e t r i e b d e s M a s c h i n e n - u n d T r a k t o r e n -  
p a r k s

Sergeev, M.P., Dr. d. techn. Wiss.; Geršević, M.G., Saklakov, V.D.,  
Kandidaten der techn. Wiss. (Čeljabinsker Institut für Mechanisierung  
und Elektrifizierung der Landwirtschaft):

#### OPTIMIERUNG DER PARAMETER BEWEGLICHER AGGREGATE

Zahlreiche Untersuchungen sind der Ermittlung der optimalen Kenn-  
daten (Parameter) von Aggregaten gewidmet [1 - 4 und andere]. Eine  
rationale Lösung dieses Problems muß durch entsprechende Kriterien  
begründet sein. Bekanntlich wird die Effektivität der Verfahren land-  
wirtschaftlicher Produktion durch die Produktionsmenge und die für  
ihre Gewinnung aufzuwendenden Kosten bestimmt. Die Selbstkosten für  
die Erzeugnisse des Pflanzenbaus können durch die folgende Abhängig-  
keit ausgedrückt werden:

,Rubel/Z , (1)

wobei  $D_i$  - die direkten Betriebskosten pro Arbeitsstunde des i-ten  
Aggregats sind, Rubel;  $W_i$  - die Leistungsfähigkeit des i-ten Aggre-  
gats, ha/h;  $D_p$  - die fixen Kosten (Saatgut, Düngemittel usw.),  
Rubel/ha;  $m$  - die Zahl der Operationen für den Anbau einer Kultur;  
 $n$  - die Zahl der Operationen, für die fixe Kosten anfallen;  $U$  - die  
Ertragfähigkeit (Hektarertrag) einer Kultur, Z/ha.

Somit hängen die Selbstkosten der Erzeugnisse von der Ertragfähig-  
keit der Kultur und den Kosten, die mit dem Einsatz der Technik ver-  
bunden sind, ab.

Die Ertragfähigkeit der landwirtschaftlichen Kulturen wird wiederum durch eine große Anzahl von Faktoren bestimmt - der Arbeitsgüte der Maschinen und den Bedingungen ihres Einsatzes, den agrotechnischen Erfordernissen, der Anbautechnologie usw. -, deren komplexer Einfluß nur schwer analytisch ausgedrückt werden kann. Im weiteren kommen wir überein, mit einem gewissen Zugeständnis anzunehmen, daß die Ertragfähigkeit nicht von den Parametern der Aggregate abhängt. In diesem Fall werden die Selbstkosten der Erzeugnisse des Pflanzenbaus bei maschineller Produktion (bei Maschinenbetrieb) durch die Bebauungskosten pro Flächeneinheit bestimmt. Dabei kann man die Kosten bei den einzelnen Operationen in der Hauptsache durch eine produktive Anwendung der Aggregate senken.

Die Leistungsfähigkeit der Aggregate hängt in der Hauptsache von zwei Parametern ab - der Arbeitsbreite des Aggregats und seiner Fahr- (Lauf-)geschwindigkeit. Die optimalen Werte dieser Parameter werden durch die zonalen Verhältnisse, unter denen die Technik eingesetzt wird, bestimmt. Wir untersuchen Möglichkeiten für eine Verbilligung der Produktion durch eine Optimierung der Parameter der Aggregate.

Die Leistungsfähigkeit eines Aggregats ist:

$$m^2/\text{sec} \quad , (2)$$

wobei  $N_e^n$  - die effektive Nennleistung des Motors ist, PS;  
K - der spezifische Widerstand des Aggregats, kp/m;  $\eta_N$  - der Nutzungsfaktor der effektiven Motorleistung;  $\eta_T$  - der Vortriebswirkungsgrad eines Schleppers;  $\tau$  - der Schichtzeit-Ausnutzungsfaktor.

Den Vortriebswirkungsgrad des Schleppers kann man unter Berücksichtigung der Untersuchungen [5] durch den Ausdruck

(3)

darstellen, wobei  $\eta_s$  - die Schlupfkennzahl des Schleppers ist;  
 $\eta_M$  - der Koeffizient für die Leistungsverluste im Getriebe und

Fahrwerk des Schleppers;  $g_{\eta}$  - das Betriebsgewicht des Schleppers, das auf 1 m Arbeitsbreite (Greifweite) eines Aggregats entfällt, kg;  $f$  - ist der Koeffizient für den Rollwiderstand des Schleppers;  $v$  - die Laufgeschwindigkeit des Aggregats, m/sec;  $B$  - die Arbeitsbreite des Aggregats, m.

Die Getriebe- und Schlupfverlustleistung werden in unserem Fall als konstant angenommen. Eine ganze Reihe von Untersuchungen [3 - 5] berechtigt zu einer solchen Annahme.

Der Ausnutzungsfaktor der Motorleistung ist

$$, (4)$$

wobei

$$\text{sec/m}^2 \quad . \langle a \rangle$$

Der Schichtzeit-Ausnutzungsfaktor [6] ist

$$, (5)$$

wobei  $\tau_s$  - der Summenkoeffizient ist, der die außerzyklischen Schichtzeitverluste berücksichtigt;  $\tau_{dv}$  - der Ausnutzungsfaktor der Fahr(Lauf-)zeit;  $\tau_{to}$  - der Koeffizient für die Zeitverluste für die technologische Wartung des Aggregats.

Wir nehmen  $\tau_s = \text{const}$  an und betrachten alle übrigen Komponenten der Gleichung(5).

Den Ausnutzungsfaktor der Fahrzeit stellen wir durch die Abhängigkeit

$$(6)$$

dar, wobei  $L$  die Länge der Fahrstrecke (?) ist, m;  $K_{ks} = \frac{B}{t_p}$  - der

Koeffizient der kinematischen Übereinstimmung [7] ist,  $m/sec$  ( $t_p$  - die Zeit für die Drehung des Aggregats um  $180^\circ$  auf dem kürzesten Weg).

Der Koeffizient für die technologische Wartung des Aggregats -

, (7)

wobei  $t_{to}$  - der durchschnittliche Aufwand für die technologische Wartung pro Meter Arbeitsbreite des Aggregats ist,  $sec$ ;  $L_{to}$  - der durchschnittliche Weg, der von dem Aggregat bis zur nächsten technologischen Wartung zurückgelegt wird,  $m$ ; -

$sec/m^2$  . (b)

Wir drücken den spezifischen Widerstand des Aggregats in Abhängigkeit von seiner Betriebsweise durch die Gleichung [4]

(8)

aus, wobei  $K_0$ ,  $a$  Größen sind, die nicht von der Fahrgeschwindigkeit des Aggregats abhängen.

Unter Berücksichtigung der Ausdrücke (3, 4, 6 - 8) schreiben wir die Formel für die Leistungsfähigkeit (2) in der Form

$m^2/sec$  . (9)

Um die hinsichtlich der Leistungsfähigkeit optimalen Werte  $B_{opt}$  und  $v_{opt}$  (bei gegebenen Betriebsverhältnissen) zu ermitteln, ist es notwendig und hinreichend, das Extremum der Funktion  $W = f(v, B)$  zu finden, nachdem man sie auf das Optimum hinsichtlich  $B$  und  $v$  untersucht hat. Wir erhalten daraufhin aus der Bedingung  $\frac{dW}{dB} = 0$

. (10)

Da die Funktion  $W = f(v)$  durch eine komplizierte Abhängigkeit ausgedrückt ist, wird zur Auffindung der Extremwerte das Maclaurinsche Reihenentwicklungsverfahren angewandt:

. <c>

Aus der Bedingung  $\frac{dW}{dv} =$  finden wir

m/sec . (11)

Die weitere Untersuchung der Funktion  $W = f(v, B)$  zeigt, daß ihre zweite partielle Ableitung in den Punkten  $B_{opt}^W$  und  $v_{opt}^W$  negativ ist, d.h. es existieren Höchstwerte.

Da die Parameter eines Aggregats nicht allein durch technische, sondern auch durch technologische Faktoren bestimmt werden, müssen ihre optimalen Werte in jedem konkreten Fall unter Berücksichtigung der agrotechnischen Erfordernisse nach den folgenden Bedingungen [1] gewählt werden:

. <d>

. <e>

wobei  $B_{opt}^W$  und  $v_{opt}^W$  - jeweils die hinsichtlich der Leistungsfähig-

keit optimale Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit des Aggregats ist;  $B_{lim}^a$  und  $v_{lim}^a$  - die - hinsichtlich der agrotechnischen Erfordernisse - Grenzwerte der Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit des Aggregats sind.

Nach der dargelegten Methode ermittelten die Autoren unter den Bedingungen des Amur-Gebiets die Parameter der Aggregate für eine Bearbeitung von Sojabohnensaaten zwischen den Reihen. Dabei halten sich beispielsweise für den Schlepper DT-75 die optimalen Werte der Parameter der Aggregate innerhalb der Grenzen: Arbeitsbreite  $B_{opt} = 9 \div 11$  m, Arbeitsgeschwindigkeit  $v_{opt} = 6 \div 7$  km/h, was die theoretischen Berechnungen erhärten.

Es muß bemerkt werden, daß die Wahl der Parameter der Aggregate in starkem Maße von den technologischen Bedingungen ihrer Anwendungen abhängt. Beispielsweise ermöglichte es in unseren Versuchen eine Vergrößerung des Reihenabstands von 45 auf 60 cm (bei einzeiliger  $\langle ? \rangle$  Saat von Sojabohnen) und auf 90 cm (bei bandförmiger doppelzeiliger Saat) die Arbeitsbreite des Aggregats um fast 13 % zu vergrößern. Dabei erhöhte sich der durch die Agrotechnik zulässige Bereich der Arbeitsgeschwindigkeiten für die Bearbeitung zwischen den Reihen um 1,5 km/h. Diese technologischen Veränderungen führten nicht zu einer Minderung der Ertragfähigkeit der Kultur.

Die Effektivität der Anwendung eines Aggregats mit optimalen Parametern wird durch die in der Tabelle angeführten Angaben erhärtet.

#### S c h l u ß f o l g e r u n g e n

Die gewonnenen berechneten Formeln ermöglichen es, die optimalen Parameter eines Aggregats (die Arbeitsbreite und die Fahr $\langle$ Lauf $\rangle$ geschwindigkeit) zu ermitteln wenn man von den Zugmöglichkeiten der energetischen Mittel und den natürlichen Bedingungen und Betriebsverhältnissen ausgeht. -

Erläuterung der Tabelle

Zusammensetzung des Aggregats	Arbeitsbrei- te, m	Arbeitsge- schwindigkeit, km/h	Leistungsfä- higkeit pro Schichtstun- de, ha	Arbeitsauf- wand, Arbeitsstunde/ ha	direkte B- triebsko- sten, Rubel/ha
----------------------------------	-----------------------	--------------------------------------	---	--	--

Literatur

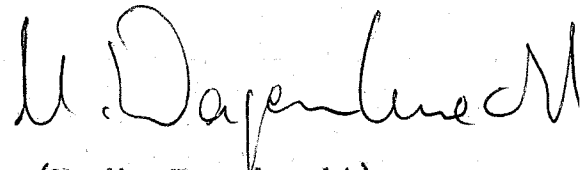
- 1 Iofinov, S.A. Ob optimal'nych skorostjach dviženija traktornych agre-  
gatorov <Die optimale Lauf<Fahr->geschwindigkeit von  
Schlepperaggregaten>. "Mechanizacija i elektrifikacija  
socialističeskogo sel'skogo chozjajstva", 1964, No 5
- 2 Kirtbaja, Ju.K. Elementy teorii optimal'nych parametrov mobil'nych  
s.-ch. agregatorov <Elemente der Theorie über optimale Para-  
meter beweglicher landwirtschaftlicher Aggregate>.  
"Traktory i sel'chozmašiny", 1966, No 12
- 3 Žukevič, K.I. Obosnovanie osnovnyh parametrov kul'tivatorov dlja sploš-  
noj obrabotki počv <Begründung der Hauptparameter der  
Kultivatoren für eine durchgängige <dichte, volle> Boden-  
bearbeitung>. In: "Voprosy zemledel'českoj mehaniki"  
<"Fragen der Ackerbaumechanik">, Bd. IX, Minsk, 1963
- 4 Ageev, L.E. Zatraty energii traktornym agregatom pri rabote na po-  
vyšennyh skorostjach <Energieaufwand eines Schlepper-  
aggregats bei der Arbeit mit erhöhten Geschwindigkeiten>.  
"Mechanizacija i elektrifikacija socialističeskogo sel'-  
skogo chozjajstva", 1962, No 5
- 5 Solovejčik, A.G. Issledovanie vzaimosvjazi parametrov moščnosti dvigatelja,  
vesa i skorosti guseničnogo traktora klassa 3T v zavisim-  
nosti ot ego energonasyščennosti <Untersuchung der wech-  
selseitigen Beziehung der Parameter für die Motorleistung,  
das Gewicht und die Geschwindigkeit des Gleiskettenschlep-  
pers der Klasse 3 T in Abhängigkeit von seiner Energiesät-  
tigung>. In: "Povyšenie skorosti mašinno-traktornych agre-  
gatorov" <"Erhöhung der Geschwindigkeit von Maschinen-Schlei-  
per - Aggregaten">, Moskau, 1962
- 6 Vedenjapin, G.V., Kirtbaja, Ju.K., Sergeev, M.P. Ekspluatacija mašinno-traktornogo p'řaka <Betrieb des Masch-  
nen-Traktoren-Parks>. Moskau, 1963
- 7 Micenko, A.A. O kinematičeskoj soglasovannosti mnogomašinnyh agregatorov  
<Über die kinematische Übereinstimmung der Aggregate mehre-  
rer Maschinen <?>>. "Mechanizacija i elektrifikacija so-  
cialističeskogo sel'skogo chozjajstva", 1966, No 10

Anmerkung des Übersetzers:

Bei den Termini in < > handelt es sich um eine Übersetzungsvariante.

Stuttgart, den 8.1.1971

i.A.

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'M. Wagenknecht', written in dark ink.

(Monika Wagenknecht)  
Dipl.-Übersetzerin



## Оптимизация параметров мобильных агрегатов

Доктор технических наук М. П. СЕРГЕЕВ  
Кандидаты технических наук М. Г. ГЕРШЕВИЧ, В. Д. САКЛАКОВ  
Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства

УДК 631.3 004.15

МНОГИЕ исследования посвящены вопросам определения оптимальных параметров агрегатов [1—4 и др.]. Рациональное решение этой задачи должно обосновываться соответствующими критериями. Известно, что эффективность процессов сельскохозяйственного производства определяется количеством продукции и издержками на ее получение. Себестоимость продукции растениеводства можно выразить зависимостью

$$C = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{D_i}{W_i} + \sum_{p=1}^n D_p}{U}, \text{ руб./ц.} \quad (1)$$

где  $D_i$  — прямые эксплуатационные издержки за час работы  $i$ -го агрегата, руб.;  $W_i$  — производительность  $i$ -го агрегата, га/ч;  $D_p$  — постоянные издержки (семена, удобрения и т. д.), руб./га;  $m$  — число операций по возделыванию культуры;  $n$  — число операций, на которых имеются постоянные издержки;  $U$  — урожайность культуры, ц/га.

Таким образом, себестоимость продукции зависит от урожайности культуры и издержек, связанных с использованием техники.

Урожайность сельскохозяйственных культур, в свою очередь, определяется большим числом факторов: качеством работы машины и условиями их использования, агротехническими требованиями, технологией возделывания и т. д., комплексное влияние которых трудно выразить аналитически. В дальнейшем с некоторым допущением условимся считать, что урожайность не зависит от параметров агрегатов. В таком случае себестоимость продукции растениеводства при машинном производстве будет определяться затратами на обработку единицы площади. При этом издержки на отдельных операциях можно снижать в основном путем производительного использования агрегатов.

Производительность агрегатов зависит в основном от двух параметров — ширины захвата агрегата и скорости его движения. Оптимальные значения этих параметров определяются зональными условиями, в которых используется техника. Рассмотрим возможные пути удешевления продукции путем оптимизации параметров агрегатов.

Производительность агрегата

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

где  $N_e^H$  — номинальная эффективная мощность двигателя, л. с.;  $K$  — удельное сопротивление агрегата, кг/м;  $\eta_N$  — коэффициент использования эффективной мощности двигателя;  $\eta_T$  — тяговый к. п. д. трактора;  $\tau$  — коэффициент использования времени смены.

Тяговый к. п. д. трактора с учетом исследований [5] можно представить выражением

$$\eta_T = \eta_0 \eta_m = \frac{g f v B}{75 N_e^H}, \quad (3)$$

где  $\eta_0$  — коэффициент буксования трактора;  $\eta_m$  — коэффициент, учитывающий потери мощности в трансмиссии

и ходовой части трактора;  $g$  — эксплуатационный вес трактора, приходящийся на 1 м захвата агрегата, кг;  $f$  — коэффициент сопротивления, перекатыванию трактора;  $v$  — скорость движения агрегата, м/сек;  $B$  — ширина захвата агрегата, м.

Потери мощности в трансмиссии и на буксование в нашем случае приняты постоянными. Правомочность такого допущения подтверждается рядом исследований [3—5].

Коэффициент использования мощности двигателя

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

где

$$K_N = \frac{K}{75 N_e^H}, \text{ сек/м}^2$$

Коэффициент использования времени смены [6]

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

где  $\tau_c$  — суммарный коэффициент, учитывающий вездельные потери времени смены;  $\tau_{дв}$  — коэффициент использования времени движения;  $\tau_{то}$  — коэффициент, учитывающий потери времени на технологическое обслуживание агрегата. Принимая  $\tau_c = \text{const}$ , рассмотрим все остальные составляющие уравнения (5).

Коэффициент использования времени движения представим зависимостью

$$\tau_{дв} = \frac{1}{1 + \frac{Bv}{LK_{кс}}}$$

где  $L$  — длина гона, м;  $K_{кс} = \frac{B}{l_n}$  — коэффициент кинематической согласованности [7], м/сек ( $l_n$  — время поворота агрегата на 180° по кратчайшему пути).

Коэффициент технологического обслуживания агрегата

$$\tau_{то} = \frac{1}{1 + K_{то} B v}$$

где  $t_{то}$  — средние затраты на одно технологическое обслуживание метра захвата агрегата, сек;  $L_{то}$  — средний путь проходимый агрегатом до очередного технологического обслуживания, м;

$$K_{то} = \frac{t_{то}}{L_{то}}, \text{ сек/м}^2$$

Удельное сопротивление агрегата в зависимости от жима его работы выразим уравнением [4]

$$K = K_0 + a v^2$$

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

Учитывая выражения (3, 4, 6—8) формулу производительности (2) запишем в виде:

$$W = \frac{(75N_e \eta_M \eta_B - g_T f B v)}{(K_0 + a v^2)} \times \frac{K_N \tau_c B v}{\left[1 + \left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}}\right) B v\right]}, \text{ м}^3/\text{сек.} \quad (9)$$

Чтобы определить значения  $B_{opt}$  и  $v_{opt}$ , оптимальные по производительности (при заданных условиях эксплуатации), необходимо и достаточно найти экстремум функции  $W=f(v, B)$ , исследовав ее на оптимум по  $B$  и  $v$ . В результате из условия  $\frac{\partial W}{\partial B} = 0$  получим

$$B_{opt}^W = \frac{\sqrt{1 + \frac{75N_e \eta_M \eta_B \left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}}\right)}{g_T f}} - 1}{v \left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}}\right)} \text{ м} \quad (10)$$

Поскольку функция  $W=f(v)$  выражается сложной зависимостью, для нахождения экстремальных значений использован способ разложения функции в ряд К. Маклорена:

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

Из условия  $\frac{\partial W}{\partial v} = 0$  находим

$$v_{opt}^W = \frac{75N_e \eta_M \eta_B}{B \left[ g_T f + 75N_e \eta_M \eta_B \left( K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}} \right) \right]} \text{ м/сек.} \quad (11)$$

Дальнейший анализ функции  $W=f(v, B)$  показывает, что вторая ее частная производная в точках  $B_{opt}^W$  и  $v_{opt}^W$  отрицательна, т. е. имеются максимальные значения.

В связи с тем, что параметры агрегата определяются не только техническими, но и технологическими факторами, их оптимальные значения в каждом конкретном случае следует выбирать с учетом агротехнических требований по условиям [1]:

$$1) \begin{cases} B_{opt} = B_{opt}^W, & \text{если } B_{opt}^W \leq B_{lim}^a, \\ B_{opt} = B_{lim}^a, & \text{если } B_{opt}^W > B_{lim}^a; \end{cases}$$

$$2) \begin{cases} v_{opt} = v_{opt}^W, & \text{если } v_{opt}^W \leq v_{lim}^a, \\ v_{opt} = v_{lim}^a, & \text{если } v_{opt}^W > v_{lim}^a; \end{cases}$$

где  $B_{opt}^W$  и  $v_{opt}^W$  — соответственно ширина захвата и скорость движения агрегата, оптимальные по производительности;  $B_{lim}^a$  и  $v_{lim}^a$  — предельные по агротехническим требованиям значения ширины захвата и скорости движения агрегата.

В соответствии с изложенной методикой авторами были определены параметры агрегатов для междурядной обработки посевов сои в условиях Амурской области. При этом, например, для трактора ДТ-75 оптимальные значения параметров агрегатов находятся в пределах: ширина захвата  $B_{opt} = 9-11$  м, рабочая скорость  $v_{opt} = 6-7$  км/ч, что подтверждают теоретические расчеты.

Необходимо отметить, что выбор параметров агрегатов в большой мере зависит от технологических условий их применения. Так, в наших опытах увеличение ширины междурядий от 45 до 60 см (при однострочном посеве сои) и до 90 см (при ленточном двухстрочном посеве) позволило увеличить ширину захвата агрегата почти на 13%. При этом допустимый агротехникой диапазон рабочих скоростей для междурядной обработки увеличился на 1,5 км/ч. Эти технологические изменения не привели к снижению урожайности культуры.

Эффективность использования агрегата с оптимальными параметрами подтверждается данными, приведенными в таблице.

Состав агрегата	Рабочая ширина захвата, м	Рабочая скорость, км/ч	Производительность за час смены, га	Затраты топлива, чел-ч/га	Прямые эксплуатационные издержки, руб/га
Г-38 + КРН-4.2 . . . . .	3,15	7,2	2,00	0,50	1,60
ДТ-75 + СН-75 + 2КРН-2.3 + КРН-4.2 . . . . .	8,40	6,8	4,27	0,23	1,52
ДТ-75 + СН-75 + 3КРН-4.2 . . . . .	10,65	6,8	5,10	0,19	1,40

## Выводы

Полученные расчетные формулы позволяют определить оптимальные параметры агрегата (ширину захвата и скорость движения) исходя из тяговых возможностей энергетических средств и природно-производственных условий зоны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иофинов С. А. Об оптимальных скоростях движения тракторных агрегатов. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1964, № 5.
2. Киртбая Ю. К. Элементы теории оптимальных параметров мобильных с.-х. агрегатов. «Тракторы и сельхозмашины», 1966, № 12.
3. Жукевич К. И. Обоснование основных параметров культиваторов для сплошной обработки почв. В кн. «Вопросы земледельческой механики», т. IX, Минск, 1963.
4. Агеев Л. Е. Затраты энергии тракторным агрегатом при работе на повышенных скоростях. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1962, № 5.
5. Соловейчик А. Г. Исследование взаимосвязи параметров мощности двигателя, веса и скорости гусеничного трактора класса 3Т в зависимости от его энергонасыщенности. В кн. «Повышенные скорости машинно-тракторных агрегатов». М., 1962.
6. Веденяпин Г. В., Киртбая Ю. К., Сергеев М. П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М., 1963.
7. Миценко А. А. О кинематической согласованности многомашинных агрегатов. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства», 1966, № 10.