**DOI** УДК 631.31 (470.44)

## ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ

**БОЙКОВ Василий Михайлович,** Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**СТАРЦЕВ Сергей Викторович,** Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ВОРОТНИКОВ Игорь Леонидович,** Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**БАШМАКОВ Игорь Андреевич,** Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Выполнен расчет основных кинематических параметров и эксплуатационных показателей широкозахватных пахотных агрегатов в прицепном и навесном соединении с трактором. При классической «плужной» расстановке шестнадцати рабочих органов на раме плуга шириной захвата 0,38 м ширина захвата плуга составляет 6,0 м, но при этом кинематическая длина агрегата равна 18,6 м. При секционной фронтальной расстановке в четыре ряда шестнадцати таких же рабочих органов на раме плуга ширина захвата плуга составляет также 6,0 м, но при этом кинематическая длина агрегата равна 5,6 м. В результате теоретических исследований установлены графические зависимости производительности пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от скорости движения пахотного агрегата и от длины поля.

**Введение.** Подготовка почвы для посева или посадки сельскохозяйственных культур включает в себя основную обработку почвы, выполняемую пахотными агрегатами с навесными, полунавесными или прицепными плугами [3]. Производительность пахотного агрегата зависит от ширины захвата лемешно-отвального плуга и скорости его движения [1]. Однако при увеличении рабочей ширины захвата плуга происходит увеличение его длины и соответственно кинематической длины всего агрегата [1]. Большие размеры агрегата ухудшают маневренность, требуют больших размеров поворотных полос, полей с большой длиной гона, увеличивают холостой ход и снижают время работы в борозде. Рост скорости движения пахотного агрегата ограничивается качественными показателями выполнения технологического процесса [2].

Движение агрегата на полевых участках складывается из циклично повторяющихся рабочих ходов, холостых ходов-заездов и поворотов на концах загонов. При выполнении холостых ходов на поворотной полосе работа агрегата не производится, и величина ее во многом зависит от длины гона обрабатываемого участка [1]. Поэтому важным условием при разработке технических средств для основной обработки почвы является создание орудий с большой шириной захвата и с

малой кинематической длиной. Основная обработка почвы выполнятся лемешно-отвальными плугами способом чередования движения агрегатов всвал и вразвал [1, 3].

Рассмотрим эксплуатационные показатели пахотных агрегатов. На рис. 1 представлены две схемы пахотных агрегатов, состоящих из трактора K-701 и плуга, включающего шестнадцать рабочих органов шириной захвата каждый  $b=0,38\,$  м. Конструктивно рабочие органы на раме плуга можно расположить по классической «плужной» схеме 1 (рис. 1, а) и по секционной фронтальной схеме 2 (рис. 1, б).

Пахотный агрегат при движении по полю доезжает до поворотной полосы, перед началом поворота выезжает на поворотную полосу (рис. 2, 3), перемещая плуг на расстояние, пока последний рабочий орган не пересечет контрольную линию [2]. Это расстояние называют длиной выезда агрегата, зависящей от кинематической длины агрегата  $L_{\rm arp}$ . На рис. 2 представлена кинематика движения пахотного агрегата с прицепным плугом, а на рис. 3 — кинематика движения агрегата с навесным плугом при обработке поля с длиной гона  $L_{\rm n}$ . На поворотной полосе агрегаты совершают беспетлевые гоновые повороты радиусом  $R_{\rm 0}$ , холостые ходы длиной  $L_{\rm x}$  с прямолинейным участком  $X_{\rm mp}$ .

**12** 2019



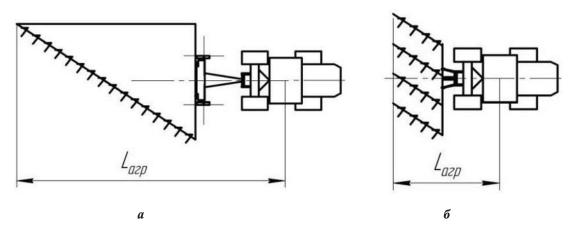


Рис. 1. Схема пахотных агрегатов: a – с прицепным плугом и «плужной» расстановкой рабочих органов на раме (схема 1); б – с навесным плугом и секционной фронтальной расстановкой рабочих органов на раме (схема 2). L<sub>агр</sub> – кинематическая длина агрегата

Цель работы – определить эксплуатационные показатели пахотного агрегата, скомплектованного из трактора тягового класса 5 К-701 и шестнадцатикорпусного плуга.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать кинематические параметры и эксплуатационные показатели:

пахотного агрегата с прицепным плугом и «плужной» расстановкой рабочих органов на раме;

пахотного агрегата с навесным плугом и секционной фронтальной расстановкой рабочих органов на раме.

2. Установить зависимости производительности пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от скорости движения и длины обрабатываемого поля.

Методика исследований. Для решения поставленных задач использовались методики расчета кинематики движения машинно-тракторных агрегатов и методики эксплуатационной оценки

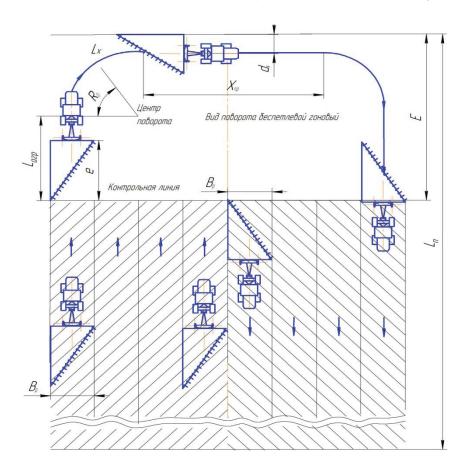


Рис. 2. Кинематика движения прицепного пахотного агрегата способом движения всвал; е\_- длина выезда агрегата на поворотную полосу; L<sub>azp</sub> – кинематическая длина агрегати; и<sub>к</sub> – кинемита польский полосы; L<sub>к</sub> – длина R<sub>0</sub> – радиус поворота агрегата; E – ширина поворотной полосы; L<sub>к</sub> – длина захв – кинематическая длина агрегата; d<sub>к</sub> – кинематическая ширина агрегата; холостого хода;  $X_{nn}$  – длина прямолинейного участка;  $B_{n}$  – рабочая ширина захвата





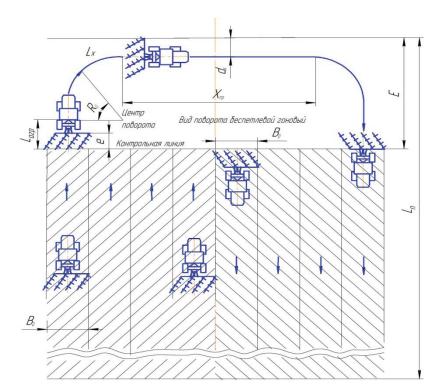


Рис. З. Кинематика движения навесного пахотного агрегата способом движения всвал

пахотного агрегата согласно ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки.

**Результаты исследований.** По первой схеме конструктивная ширина захвата плуга  $B_{\nu}$  составит:

$$B_{v} = n_{v}b, \tag{1}$$

где  $n_{_{\rm II}}$  – количество рабочих органов в одном ряду при «плужной» расстановке рабочих органов на раме плуга, шт.

По второй схеме конструктивная ширина захвата плуга  $B_v$  составит:

$$B_{\nu} = 4(n_{\scriptscriptstyle b}b), \tag{2}$$

где  $n_{\phi}$  – количество рабочих органов в одном ряду при секционной фронтальной расстановке на раме плуга, шт.

Для анализа работы пахотных агрегатов определим их кинематические характеристики, параметры и показатели. Кинематическую длину  $L_{\rm arp}$  и ширину  $d_{\rm k}$  агрегата рассчитаем следующим образом:

$$L_{\text{apd}} = l_{\text{TD}} + l_{\text{ILI}}, \tag{3}$$

$$d_{v} = B_{v}/2,\tag{4}$$

где  $l_{_{\mathrm{TP}}}$ ,  $l_{_{\mathrm{пл}}}$  – соответственно кинематическая длина трактора и плуга, м.

Радиус поворота  $R_{\rm o}$  принимаем [1] равным для прицепного агрегата  $4{,}5B_{\rm k}$ , для навесного агрегата  $1{,}5B_{\rm k}$ . Длина выезда агрегата для прицепного  $e=0{,}75L_{\rm arp}$ , для навесного  $e=0{,}25L_{\rm arp}$  [1]. Ширину поворотной полосы для обоих агрегатов определим по выражению

$$E = 2.8R_0 + d_v + e. {(5)}$$

Длину холостого хода агрегата при беспетлевом гоновом повороте с прямолинейным участком определим по выражению:

$$L_{\rm v} = 8R_{\rm o} + 2e.$$
 (6)

Длину рабочего хода агрегата при чередовании способов движения всвал и вразвал:

$$L_{\rm p} = L_{\rm m} - 2E. \tag{7}$$

Элементы времени движения агрегатов за один цикл  $n_{_{\rm II}}$  в загоне и за восьмичасовую смену работы в поле определим по выражениям:

$$t_{\text{II}} = t_{\text{p}} + t_{\text{xx}} = (0.06 \cdot 2L_{\text{p}}/v) + (0.06 \cdot 2L_{\text{xx}}/v), (8)$$

где  $t_{\rm n}, t_{\rm p}, t_{\rm xx}$  – соответственно время одного цикла, время цикла рабочего хода, время цикла холостого хода, мин.

Количество циклов движения агрегата в течении смены:

$$n_{_{\text{II}}} = (T_{_{\text{CM}}} - T_{_{\text{TEXH}}} + T_{_{\text{II},3}}) / t_{_{\text{II}}}.$$
 (9)

Время смены  $T_{\text{см}}$ :

$$T_{\rm cm} = T_{\rm p} + T_{\rm x} + T_{\rm Texh} + T_{\rm T.0} + T_{\rm II.3},$$
 (10)

где  $T_{\rm p}$ ,  $T_{\rm x}$ ,  $T_{\rm техн}$ ,  $T_{\rm r.o}$ ,  $T_{\rm n3}$  — соответственно время затрачиваемое в течение смены на работу агрегата, на холостой ход, на технологические остановки, на техническое обслуживание и на подготовительнозаключительные операции подготовки агрегата.

Составляющие времени смены определим:

$$T_{\rm p} = t_{\rm p} n_{\rm p}; T_{\rm y} = t_{\rm yy} n_{\rm p}; T_{\rm reyr} = t_{\rm oc} n_{\rm p}.$$
 (11)

Коэффициент использования времени смены:

$$\tau = T_{\rm p} / T_{\rm cm}. \tag{12}$$

Кинематические	параметр	ыи	показатели	пахотных	агрегатов
MINICHAIN ICCNIC.	парамстр	וא געי	HUKUJUI CHH	HUAUIHDIA	αι ρει αι ου

Показатель	Обозначение	Схема 1	Схема 2
Ширина захвата, м	$B_{_{ m K}}$	6,0	6,0
Кинематическая длина, м	$L_{ m arp}$	18,6	5,6
Кинематическая ширина, м	$d_{_{\scriptscriptstyle\mathrm{K}}}$	3,0	3,0
Радиус поворота, м	$R_{\rm o}$	27,0	9,0
Длина выезда агрегата на поворотную полосу, м	e	14,0	1,4
Ширина поворотной полосы, м	E	92,6	28,6
Длина холостого хода, м	$L_{\mathrm{x}}$	244,0	74,8
Длина рабочего хода, м	$L_{\rm p}$	814,8	942,8
Скорость движения агрегата, м/с	υ	2,2	2,2
Время цикла холостого хода, мин	$t_{_{ m xx}}$	3,7	1,12
Время цикла рабочего хода при длине поля 1000 м, мин	$t_{ m p}$	12,2	14,14
Время цикла, мин	$t_{_{ m II}}$	15,9	15,3
Количество циклов, шт.	$n_{_{ m II}}$	25	26
Время работы за смену, ч	$T_{ m p}$	6,62	6,63
Время холостого хода за смену, ч	$T_{xx}$	1,54	0,48
Коэффициент использования времени смены	τ	0,77	0,89

Часовую производительность как функцию ширины захвата плуга и скорости движения агрегата определим по формуле

$$W_{_{\mathbf{q}}} = 0.1B_{_{\mathbf{p}}} \mathbf{v} \mathbf{\tau}. \tag{13}$$

На основании выражений (1-13) в таблице приведены результаты расчетов кинематических параметров и показателей пахотных агрегатов с различной кинематической длиной  $L_{\rm arp.}$ 

Из таблицы видно, что при равной конструктивной ширине захвата плугов 6,0 м, но при различном расположении рабочих органов на раме изменяется кинематическая длина агрегата в составе с трактором К-701 (кинематическая длина трактора 3,4 м). Кинематическая длина агрегата по схеме 1 составила  $L_{\rm arp}$  = 18,6 м против кинематической длины агрегата по схеме 2  $L_{arp} = 5.6$ м. Это повлияло на рост радиуса поворота  $R_0$ , длины выезда агрегата на поворотную полосу, вследствие чего увеличилась величина полосы Eдля разворота агрегата. Изменение кинематических параметров отразилось на показателях времени работы пахотных агрегатов при обработке участка с длиной гона  $L_{_{\Pi}} = 1000$  м и скоростью движения v = 2.2 м/c.

Коэффициент использования времени смены у агрегата по схеме 2 на 13,5 % выше, чем у агрегата по схеме 1. За одну смену пахотный агрегат с фронтальным расположением рабочих органов на один круг выполняет больший объем работы.

Используя выражение (13), на рис. 4 представлена зависимость производительности пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от скорости движения.

Анализ зависимости (см. рис. 4) производительности пахотного агрегата в функции скорости движения показывает, что часовая про-

изводительность изменяется по нелинейной закономерности. При этом величина часовой производительности (2) пахотного агрегата с кинематической длиной 5,6 м на 13,2–13,8 % выше, чем производительность агрегата (1) с кинематической длиной 18,6 м.

На основании выражений (7) и (13) на рис. 5 представлена зависимость производительности пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от длины обрабатываемого поля. Анализ представленных зависимостей (см. рис. 5) показывает, что при длине гона обрабатываемого поля более 250 м на производительность пахотного агрегата значительное влияние оказывает кинематическая длина плуга. Наибольшую производительность при длине поля 500 м имеет пахотный агрегат с кинематической длиной 5,6 м. При этом величина часовой производительности пахотного агрегата (2) с кинематической длиной 5,6 м на 17,1 % выше, чем производительность

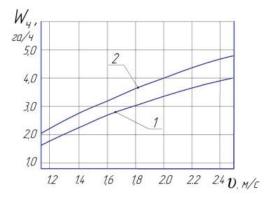


Рис. 4. Зависимость производительности W пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от скорости движения v: 1 – с прицепным плугом и «плужной» расстановкой рабочих органов на раме; 2 – с навесным плугом и секционной фронтальной расстановкой рабочих органов на раме

**12** 2019



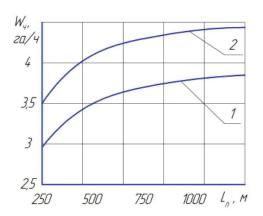


Рис. 5. Зависимость производительности W<sub>ч</sub> пахотных агрегатов с различной кинематической длиной от длины поля L<sub>n</sub>: 1 – с прицепным плугом и «плужной» расстановкой рабочих органов на раме; 2 – с навесным плугом и секционной фронтальной расстановкой рабочих органов на раме

агрегата (1) с кинематической длиной 18,6 м. Увеличение длины гона обрабатываемого поля более 500 м не дает явного прироста производительности у всех агрегатов.

Заключение. При комплектовании широкозахватного плуга шириной захвата 6 м шестнадцатью рабочими органами при их «плужной» расстановкой на раме возрастает длина орудия, как следствие, кинематическая длина агрегата. Такая конструкция плуга возможна для агрегатирования с трактором только в прицепном варианте. Расположение рабочих органов по схеме с секционным фронтальным расположением рабочих органов на раме плуга позволяет при ширине захвата 6 м обеспечить снижение кинематической длины агрегата на 30 %.

Изменение кинематической длины влияет на производительность агрегата при обработке почвы полей с различной длиной гона. Так, производительность пахотного агрегата по схеме 1 на скорости 2,2 м/с составила 3,7 га/ч (см. рис. 4, поз. 1), а производительность агрегата с секционным фронтальным расположением корпусов на раме плуга

по схеме 2 на скорости 2,2 м/с составила 4,3 га/ч (см. рис. 4, поз. 2). При обработке поля с длиной гона 1000м производительность агрегата по схеме 2 (см. рис. 5, поз. 2) выше на13,6 % производительности агрегата по схеме 1 (см. рис. 5, поз. 1). Следовательно, одно из направлений повышения эффективности использования пахотных агрегатов является снижение длины плуга за счет секционной компоновки рабочих органов на раме плуга.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебник. М.: КолосС, 2006. 319 с.
- 2. *Лобачевский Я.П.* Современные почвообрабатывающие технологии. М.: МГАУ им.В.П.Горячкина, 1999. 39 с.
- 3. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. М.: Колосс, 2003. 623 с.

**Бойков Василий Михайлович,** д-р техн. наук, проф. кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Старцев Сергей Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Воротников Игорь Леонидович, д-р экон. наук, проф., зав. кафедрой «Проектный менеджмент и внешнеэкономическая деятельность в АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Башмаков Игорь Андреевич,** аспирант кафедры «Техническое обеспечение АПК», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60. Тел.: (8452) 74-96-63.

**Ключевые слова:** пахотный агрегат; трактор; плуг; корпус плуга; глубина обработки почвы; тяговое сопротивление; часовая производительность; скорость движения.

## SUBSTANTIATION OF KINEMATIC PARAMETERS AND OPERATING INDICATORS OF WIDE CAPTURE AGRICULTURAL UNITS

**Boykov Vasiliy Mihaylovich,** Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Processes and Agricultural Machinery in AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Startsev Sergey Viktorovich,** Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Processes and Agricultural Machinery in AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Vorotnikov Igor Leonidovich,** Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the chair "Project Management and Foreign Economic Activity in Agro-industrial Complex", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Bashmakov Igor Andreevich,** Post-graduate Student of the chair "Processes and Agricultural Machinery in APIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Keywords:** arable unit; tractor; plow; plow body; depth of tillage; traction resistance; hourly productivity; speed.

Basic kinematic parameters and operational parameters of the wide arable units in trailers and outboard connection to the tractor are calculated. At the classical "plow" arrangement of sixteen working bodies on the frame of the plow with a width of 0.38 m, the working width of the plough is 6.0 m, but the kinematic length of the unit is equal to 18.6 m. In a frontal arrangement in four rows of sixteen working bodies on the frame of the plow width of plow is also 6.0 m, but the kinematic length of the unit is equal to 5.6 m. In the result of theoretical researches they are established graphic dependences of productivity of the arable unit with various kinematic length of the speed on the movement of the arable unit and the length of the field.

**12** 2019

