

## ВЛИЯНИЕ ДЛИНЫ ПЛУГА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПАХОТНЫХ АГРЕГАТОВ

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

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

**ПАВЛОВ Андрей Владимирович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

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

Рассмотрены схемы комплектованных многокорпусных широкозахватных пахотных агрегатов в навесном и прицепном вариантах. Выполнен расчет основных кинематических параметров и эксплуатационных показателей агрегатов с трактором К-701 при секционной компоновке корпусов на раме плуга. При классической «плужной» расстановке двенадцати корпусов на раме плуга шириной захвата 6,0 м кинематическая длина навесного агрегата в зависимости от количества секций изменяется от 2,0 до 12,0 м. При аналогичной расстановке корпусов на раме прицепного плуга ширина захвата плуга составляет также 6,0 м, но при этом кинематическая длина агрегата изменяется от 5,0 до 15,0 м. В результате теоретических исследований установлены графические зависимости цикловой производительности навесных и прицепных пахотных агрегатов от кинематической длины плуга при обработке полей различной длины.

**Введение.** Лемешно-отвальные плуги общего назначения для технологии основной обработки почвы по способу соединения с трактором разделяются на навесные, полунавесные и прицепные [6]. Навесные плуги устанавливаются на гидравлическую навесную систему трактора, и сила тяжести всего орудия в транспортном положении приходится на трактор. Прицепные плуги имеют устройство, предназначенное для передвижения в рабочем и транспортном положении и воспринимающее полностью вес орудия. Вес полунавесных плугов в транспортном положении распределяется на трактор и ходовую часть орудия. Пахотные агрегаты с навесными плугами, с одной стороны, более маневренны, имеют низкую материалоемкость [2], но с другой – при увеличении мощности трактора и для его загрузки

в навесном плуге возрастает количество корпусов, что приводит к увеличению длины плуга [2, 3, 5].

С целью улучшения маневренности многокорпусные прицепные или полунавесные плуги снабжают колесной тележкой, расположенной на раме плуга, в результате чего плуг в транспортном положении превращается в длинный, громоздкий, материалоемкий одноосный прицеп [3].

Для уменьшения продольного габарита многокорпусного плуга находит применение способ секционной компоновки корпусов на раме плуга [3]. На рис. 1 представлены варианты схем навесных двенадцатикорпусных плугов шириной захвата  $B_k$  и длиной плуга  $l_{пл}$ .

По варианту а (см. рис. 1) плуг имеет один продольный брус 1, на котором расположены в один

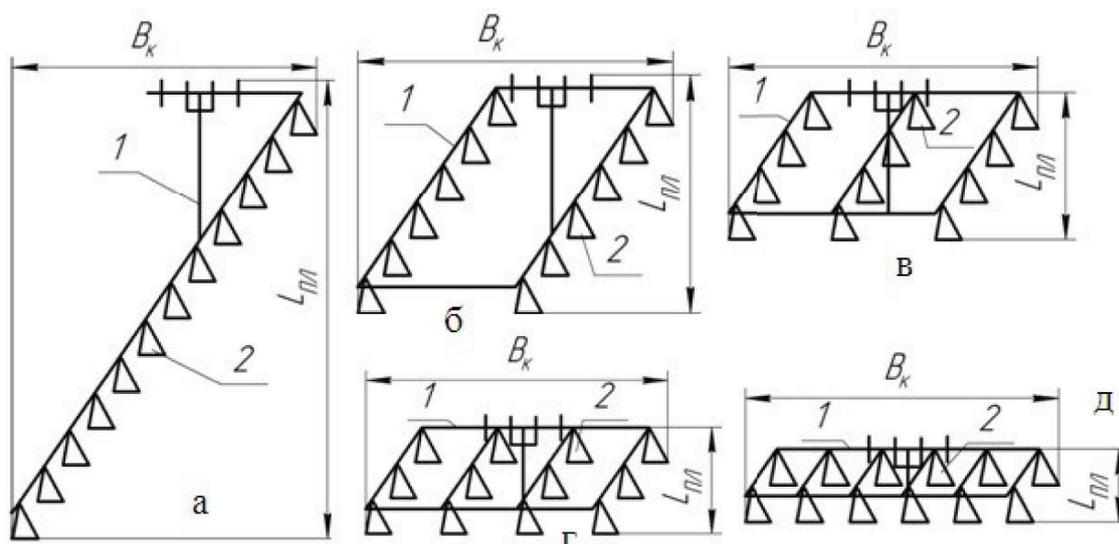


Рис. 1. Схемы навесных 12-корпусных плугов: а – вариант с одной секцией; б – вариант с двумя секциями; в – вариант с тремя секциями; г – вариант с четырьмя секциями; д – вариант с шестью секциями



ряд двенадцать корпусов 2. Как видно из рис. 1, вариант с одной секцией имеет самую большую длину плуга  $l_{пл}$ . Схема б включает две секции, на которых расположено по шесть корпусов плуга, при этом ширина захвата  $B_k$  плуга не изменяется, но длина плуга  $l_{пл}$  уменьшается. На варианте в у навесного плуга с жесткой рамой имеется три секции с той же шириной захвата  $B_k$ , по четыре корпуса на каждой секции. По варианту г плуг имеет четыре секции с тремя корпусами на каждой, по варианту д – шесть секций по два корпуса. Все плуги имеют одинаковую ширину захвата  $B_k$ , но различную длину  $l_{пл}$ .

На рис. 2 представлены схемы прицепных плугов, у которых компоновка аналогична навесным плугам. Длина плугов  $l_{пл}$  увеличена на длину прицепа 3.

Принимаем, что в процессе выполнения пахотных работ агрегат с навесными или прицепными плугами движется в загоне по полю, циклично выполняя определенное движение [2, 4]. За один цикл совершает два рабочих хода  $L_p$  (рис. 3) в загоне шириной  $C$  и два холостых хода на по-

воротной полосе шириной  $E$ . Кинематика движения при этом включает длину выезда агрегата  $e$  за контрольную линию, разворот агрегата на поворотной полосе радиусом  $R_0$  [2]. Рассмотрим эксплуатационные показатели пахотных агрегатов, скомплектованных с многокорпусными навесными и прицепными плугами различной кинематической длины, выполненных по схемам рис. 1, 2.

Цель работы – определить производительность пахотных агрегатов, скомплектованных из трактора тягового класса 5 (К-701) и секционно-многокорпусного плуга.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать кинематические параметры и эксплуатационные показатели:

- пахотного агрегата с навесным двенадцатикорпусным плугом с секционной расстановкой рабочих органов на раме;

- пахотного агрегата с прицепным двенадцатикорпусным плугом и секционной расстановкой рабочих органов на раме.

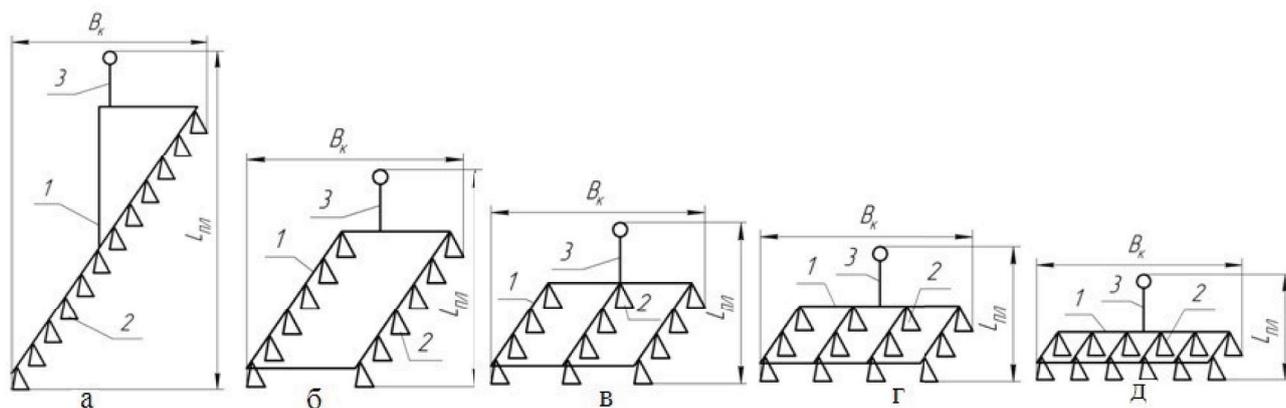


Рис. 2. Схемы прицепных 12-корпусных плугов: а – вариант с одной секцией; б – вариант с двумя секциями; в – вариант с тремя секциями; г – вариант с четырьмя секциями; д – вариант с шестью секциями

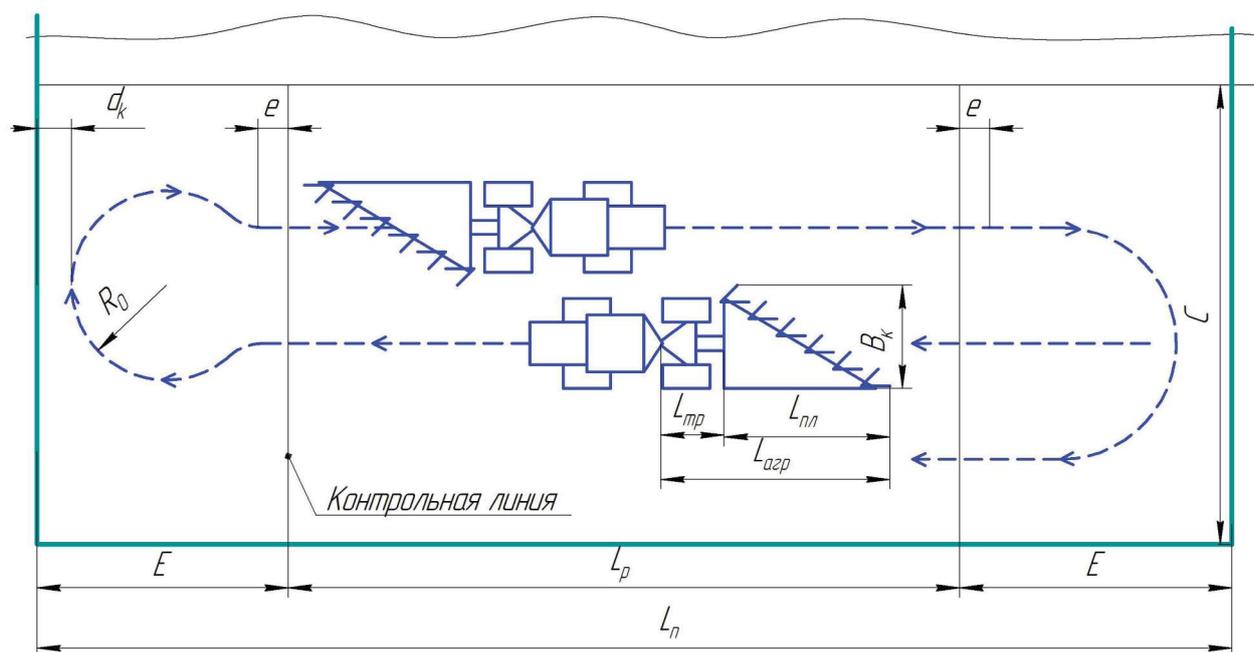


Рис. 3. Схема движения пахотного агрегата за один цикл в загоне:  $C$  – ширина загона, м;  $L_n$  – длина поля, м;  $E$  – ширина поворотной полосы, м;  $L_p$  – рабочая длина поля, м;  $e$  – длина выезда агрегата на поворотную полосу, м;  $L_{агр}$  – кинематическая длина агрегата, м;  $d_k$  – кинематическая ширина агрегата, м;  $B_k$  – конструктивная ширина плуга, м



2. Установить зависимость производительности пахотных агрегатов от кинематической длины навесных и прицепных многокорпусных плугов при обработке поля различной длины.

**Методика исследований.** Для решения поставленных задач использовали методики расчета кинематики движения машинно-тракторных агрегатов [2] и методики эксплуатационной оценки пахотного агрегата согласно: ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки.

**Результаты исследований.** Кинематические характеристики, параметры и показатели рассчитаем по выражениям, приведенным в работе [1]. Производительность за один цикл работы агрегата в загоне определим по формуле

$$W_{\text{цикл}} = 0,1B_p v_p \tau_{\text{цикл}}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{цикл}}$  – коэффициент использования времени цикла;  $\tau_{\text{цикл}} = t_p / t_p + t_{x,x}$ ;  $t_p, t_{x,x}$  – соответственно время цикла рабочего хода, время цикла холостого хода агрегата, мин.

Подставив в выражение (1) формулу для определения времени цикла холостого хода [5], получим:

$$W_{\text{цикл}} = 0,1B_p v_p \cdot [t_p / t_p + 0,06 (14R_o + 4L_{\text{арп}} / v_x)]. \quad (2)$$

В расчетах скорость холостого хода  $v_x$  агрегата принимается равной скорости рабочего хода  $v_p$  агрегата [2].

В таблице приведены результаты расчетов кинематических параметров и показателей пахотных агрегатов с навесным и прицепным двенадцатикорпусным плугом с расстановкой рабочих органов по варианту с двумя секциями на раме (см. рис. 1, 2), при обработке поля длиной  $L_{\text{п}} = 500$  м.

Из таблицы видно, что при равной конструктивной ширине захвата плугов 6,0 м кинематическая длина агрегата в составе с трактором К-701 составит в навесной комплектации  $L_{\text{арп}} = 6,35$  м, в прицепной комплектации  $L_{\text{арп}} = 9,35$  м. Радиус по-

ворота  $R_o$ , согласно [4], приняли равным кинематической длине агрегата. При обработке участка загона с длиной поля  $L_{\text{п}} = 500$  м и скоростью движения  $v = 2,0$  м/с коэффициент использования времени цикла у навесного агрегата на 6,7 % выше, чем у прицепного агрегата. На рис. 4 представлена зависимость цикловой производительности  $W_{\text{ц}}$  пахотных агрегатов в навесной и прицепной комплектации от кинематической длины плуга  $l_{\text{пл}}$ .

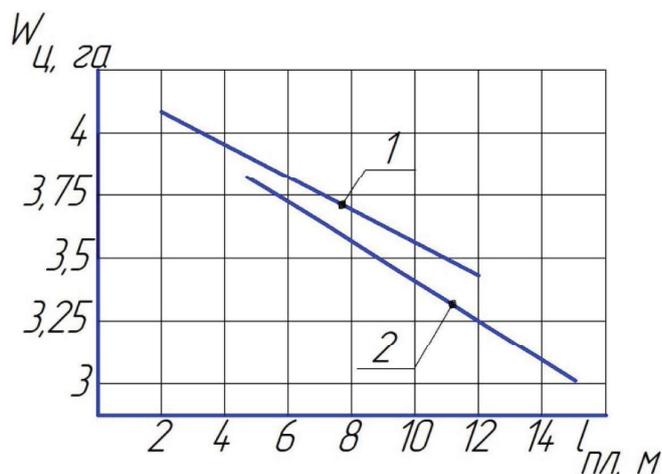


Рис. 4. Зависимость цикловой производительности  $W_{\text{ц}}$  пахотных агрегатов от длины плуга  $l_{\text{пл}}$ : 1 – навесной плуг; 2 – прицепной плуг

Анализ зависимости показывает, что цикловая производительность пахотного агрегата с ростом длины плуга снижается. Так, у навесного агрегата при увеличении кинематической длины плуга от 2,0 до 12,0 м производительность агрегата за один цикл работы в загоне длиной 500 м снижается на 9,9 %.

Используя выражение (2), на рис. 5 представлена зависимость цикловой производительности пахотных агрегатов  $W_{\text{ц}}$  с различной кинематической длиной  $l_{\text{пл}}$  навесного плуга (по схемам рис. 1) от длины обрабатываемого поля  $L_{\text{п}}$ .

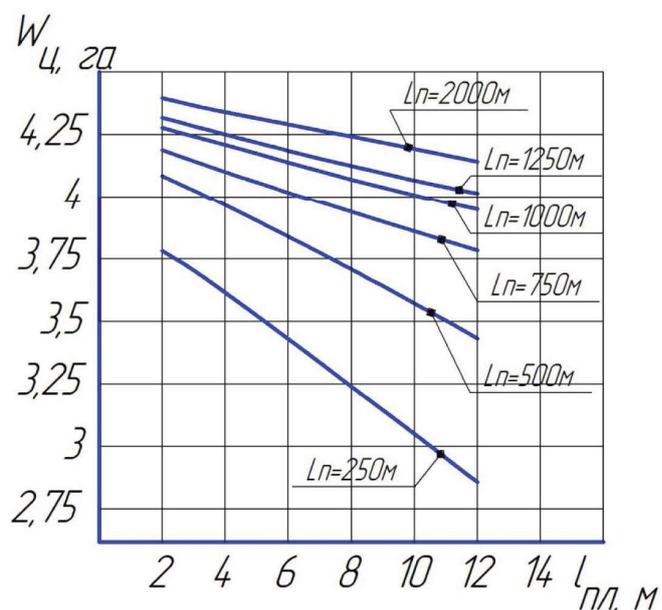


Рис. 5. Зависимость цикловой производительности  $W_{\text{ц}}$  пахотных агрегатов от кинематической длины навесного плуга  $l_{\text{пл}}$  при различной длине поля  $L_{\text{п}}$

#### Кинематические параметры и показатели пахотных агрегатов

Наименование	Обозначение	Навесной	Прицепной
Ширина захвата, м	$B_k$	6,0	6,0
Кинематическая длина, м	$L_{\text{арп}}$	6,35	9,35
Кинематическая ширина, м	$d_k$	3,0	3,0
Радиус поворота, м	$R_o$	6,35	9,35
Длина выезда агрегата, м	$e$	1,59	7,01
Ширина поворотной полосы, м	$E$	22,37	36,2
Длина холостого хода, м	$L_{x,x}$	47,63	79,5
Длина рабочего хода, м	$L_{p,x}$	455,2	427,6
Скорость движения агрегата, км/ч	$v_p$	7,4	7,4
Время цикла холостого хода, мин	$t_{x,x}$	0,77	1,28
Время цикла рабочего хода, мин	$t_{p,x}$	7,38	6,93
Время цикла, мин	$t_{\text{ц}}$	8,15	8,34
Коэффициент использования времени цикла	$\tau_{\text{ц}}$	0,905	0,844





Анализ представленных зависимостей показывает, что при снижении длины гона обрабатываемого поля цикловая производительность пахотного агрегата уменьшается. Чем короче длина поля и больше кинематическая длина плуга, тем меньше цикловая производительность агрегата. Увеличение длины гона обрабатываемого поля не дает явного прироста производительности многокорпусного навесного агрегата. При работе на коротких гонах (250 м) производительность агрегата при увеличении кинематической длины плуга от 2,0 до 12,0 м снижается на 25,4 %. При работе на длинных гонах (2000 м) производительность агрегата при увеличении кинематической длины плуга от 2,0 до 12,0 м снижается на 3,7 %.

**Заключение.** При комплектовании многокорпусного плуга шириной захвата 6,0 м двенадцатью рабочими органами при их «плужной» расстановке на раме возрастает длина орудия и, как следствие, кинематическая длина агрегата. Для снижения кинематической длины широкозахватного многокорпусного плуга возможно применение секционной компоновки его корпусов на раме. Такая конструкция плуга агрегируется с трактором как в навесном, так и в прицепном варианте. Однако наличие прицепного устройства увеличивает длину плуга и, как следствие, кинематическую длину всего пахотного агрегата. Изменение длины влияет на кинематические и эксплуатационные показатели агрегатов, особенно при обработке почвы полей с различной длиной гона. Так, цикловая производительность пахотного агрегата с двенадцатикорпусным двухсекционным навесным плугом при обработке поля с длиной гона 500 м на скорости 2,2 м/с составила 4,0 га/ч, а производительность агрегата с прицепным плугом по той же схеме на скорости 2,2 м/с составила 3,7 га/ч. Увеличение длины гона обрабатываемого участка повлияла на рост производительности обоих агрегатов, но на длинных гонах (2000 м) разница в производительности между навесным и прицепным двухсекционным агрегатом составила 1,6 %. Следовательно, при выполнении пахотных работ на небольших полях с корот-

кими гонами эффективнее использовать навесные многокорпусные широкозахватные плуги с малой кинематической длиной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойков В.М., Старцев С.В., Воротников И.Л., Башмаков И.А. Обоснование кинематических параметров и эксплуатационных показателей широкозахватных пахотных агрегатов // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 12. – С. 78–82.
2. Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учебник. – М.: КолосС, 2006. – 319 с.
3. Лобачевский, Я.П. Современные почвообрабатывающие технологии. – М.: МГАУ им. В.П. Горячкина, 1999. – 39 с.
4. Основные кинематические параметры агрегатов. – Режим доступа: [https://studopedia.ru/19\\_125020\\_osnovnie-kinematicheskie-parametri-agregatov.html](https://studopedia.ru/19_125020_osnovnie-kinematicheskie-parametri-agregatov.html).
5. Старцев С.В. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов. – Саратов, 2003. – 144 с.
6. 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.

**Павлов Андрей Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение 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) 74-96-56.

**Ключевые слова:** пахотный агрегат; ширина захвата; многокорпусный плуг; кинематическая длина; цикловая производительность; длина поля.

#### INFLUENCE OF THE PLOW LENGTH ON THE ARABLE UNIT PRODUCTIVITY

**Boykov Vasily 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.

**Pavlov Andrey Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Processes and Agricultural Machinery in AIC", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

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

**Keywords:** arable unit; width; multi-body plow; kinematic length; cyclic productivity; field length.

**Schemes of acquisition of multi-hull wide-reach arable units in hinged and trailer variants are considered. The calculation of the main kinematic parameters and performance indicators of units with a tractor K-701, with sectional row, layout of the bodies on the frame of the plow. With the classical "plow" arrangement of twelve bodies on the plow frame with a width of 6.0 m, the kinematic length of the hinged unit varies from 2.0 to 12 m depending on the number of sections. With a similar arrangement of the bodies on the frame of the trailer plow, the width of the plow is also 6.0 m, but the kinematic length of the unit varies from 5.0 to 15m. as a result of theoretical studies, graphic dependences of the cyclic productivity of mounted and trailed arable units on the kinematic length of the plow when processing fields of different lengths are established.**