

УДК 631.312

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ШИРОКОЗАХВАТНОГО ПАХОТНОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ТРАКТОРА «БЕЛАРУС 4522С»

А.В. Новиков,

профессор каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент,

Д.А. Жданко,

заведующий каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Т.А. Непарко,

доцент каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук, доцент,

Ф.И. Назаров,

ассистент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ,

Н.Д. Лепешкин,

*заведующий лаб. почвообработки и посева РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
канд. техн. наук, доцент*

В статье представлены основные эксплуатационные показатели широкозахватного пахотного агрегата в производственных условиях. Дана сравнительная оценка с эксплуатационными показателями других пахотных агрегатов.

Ключевые слова: трактор, плуг, приставка, вспашка, почвообработка, эксплуатационные показатели, пахотный агрегат, расход топлива, производительность.

The article presents the main operational characteristics of a wide-arable aggregate in production conditions. A comparative estimate with the performance of other arable units is given.

Keywords: tractor, plow, attachment, plowing, soil cultivation, exploitation indicators, arable unit, fuel consumption, productivity..

Введение

Дальнейшее увеличение производства продукции растениеводства в крупных сельскохозяйственных предприятиях возможно только на основе применения инновационных технологий и специализированной высокопроизводительной, надежной и конкурентоспособной техники. Для этого в ближайшие 5 лет в растениеводстве предусматривается использовать 379 приоритетных машин и оборудования, из которых 63 машины необходимо освоить в производстве [1]. Всего за пятилетку наряду с другой техникой сельхозпроизводителю республики для технического переоснащения предусматривается поставить 1200 плугов и 1500 тракторов [2], в том числе 1000 тракторов с мощностью двигателя более 250 л. с.

Основная часть

На почвообработку расходуется в среднем около 45 % энергозатрат от общих затрат на производство сельскохозяйственной продукции, в том числе до 25 % приходится на вспашку [3-5]. Высокая энергоемкость вспашки требует тщательного подхода к выбору и комплектованию агрегатов и организации их работы

в поле. С целью снижения затрат на проведение операций почвообрабатывающие агрегаты составляют таким образом, чтобы максимально загружать энергетическое средство. Рациональная загрузка обеспечивается подбором технологических показателей: рабочей скорости, ширины захвата, глубины обработки и массы сельскохозяйственной машины.

Самой энергозатратной операцией является основная обработка почвы, так как в ходе ее выполнения плугу необходимо подрезать, перемешать, измельчить и обернуть почвенный пласт. Отказ от проведения основной обработки ввиду сильной засоренности почв республики сорняками, на данный момент невозможен, поэтому возрастает актуальность повышения ее эффективности и снижения затрат на проведение.

С целью рациональной загрузки энергетических средств, повышения качества основной обработки и снижения энергетических затрат на выполнение последующих почвообрабатывающих операций в конструкциях плугов широко применяются различные дополнительные устройства для поверхностной обработки почвенных пластов. Они обеспечивают разрушение комков и предотвращение образования глыб,

более компактное размещение почвенных агрегатов, увеличение капиллярной пористости, создание более однородного состояния обрабатываемого слоя, частичное выравнивание поверхности почвы и сохранение накопленной влаги. С агротехнической точки зрения, применение дополнительных устройств в конструкциях плугов позволяет оптимально использовать время, обеспечить требуемое качество подготовки почвы к посеву и совместить агротехнические приемы для борьбы с потерями почвенной влаги [4-14].

В настоящее время существует несколько способов агрегатирования катковых приставок в пахотных агрегатах (рис. 1.): навешиваемые спереди трактора (рис. 1а); навешиваемые на раму плуга (рис. 1б); прицепные (рис. 1в) и комбинированные (сочетание различных способов агрегатирования двух и более приставок).

В 2016 году в Республике Беларусь прошел испытания трактор «Беларус- 4522С» [15] и оборотный плуг ПО-(8+4)-40 с тремя катковыми приставками, навешенными на его раму [16]. Трактор «Беларус-4522С» представляет собой трактор общего назначения тягового класса 8 с колесной формулой 4 К4. Он предназначен для выполнения энергоемких сельскохозяйственных работ в тяговом и тягово-приводном режимах. На нем установлен 6-цилиндровый дизельный двигатель GaterpillarC13 номинальной мощностью 317 кВт (431 л.с.) [15]. Эксплуатационная масса трактора – 14785 кг, максимальный (номинальный) расход топлива – 62,7 кг/ч, расход топлива на холостом ходу двигателя – 27,3 кг/ч, максимальная мощность двигателя может достигать 342,7 кВт (466 л.с.).

Оборотный плуг ПО-(8+4)-40 (рис. 2) предназначен для гладкой вспашки различных почв, в том числе засоренных камнями и другими препятствиями, с удельным сопротивлением до 0,09 МПа на глубину до 0,27 м. Он агрегируется с трактором «Беларус-4522С» и его зарубежными аналогами. Плуг состоит из рамы 1, тяговой балки 2, навески 3, механизма оборота 4, корпусов 5 с предохранителями, колесного хода 6, гидросистемы 7, опорного колеса 8 и электрооборудования 9. Плуг оснащен тремя приставками 10 для дополнительной обработки почвы. Кроме того, плуг может комплектоваться уширителем борозды, предплужниками, передними опорными колесами и датчиком глубины пахоты. Каждая из приставок 10 представляет собой конструкцию, включающую набор кольчато-шпоровых (кольчато-прутковых) катков, установленных на общей оси и предназначенных для дробления глыб и уплотнения верхних слоев почвы. Плуг может использоваться как с приставками, так и без них.

Характеристика плуга ПО-(8+4)-40 представлена в табл. 1.

В 2016 году проведены испытания опытного образца плуга в производственных условиях (рис. 3). Испытания проводились на полях ОАО «1-я Минская птицефабрика», КУП «Минская овощная фабрика» Минского района, СПФ «Агрострой», ОАО



а)



б)



в)

Рисунок 1. Схемы установки катковых приставок на пахотных агрегатах:
а, б – навешиваемые; в – прицепные

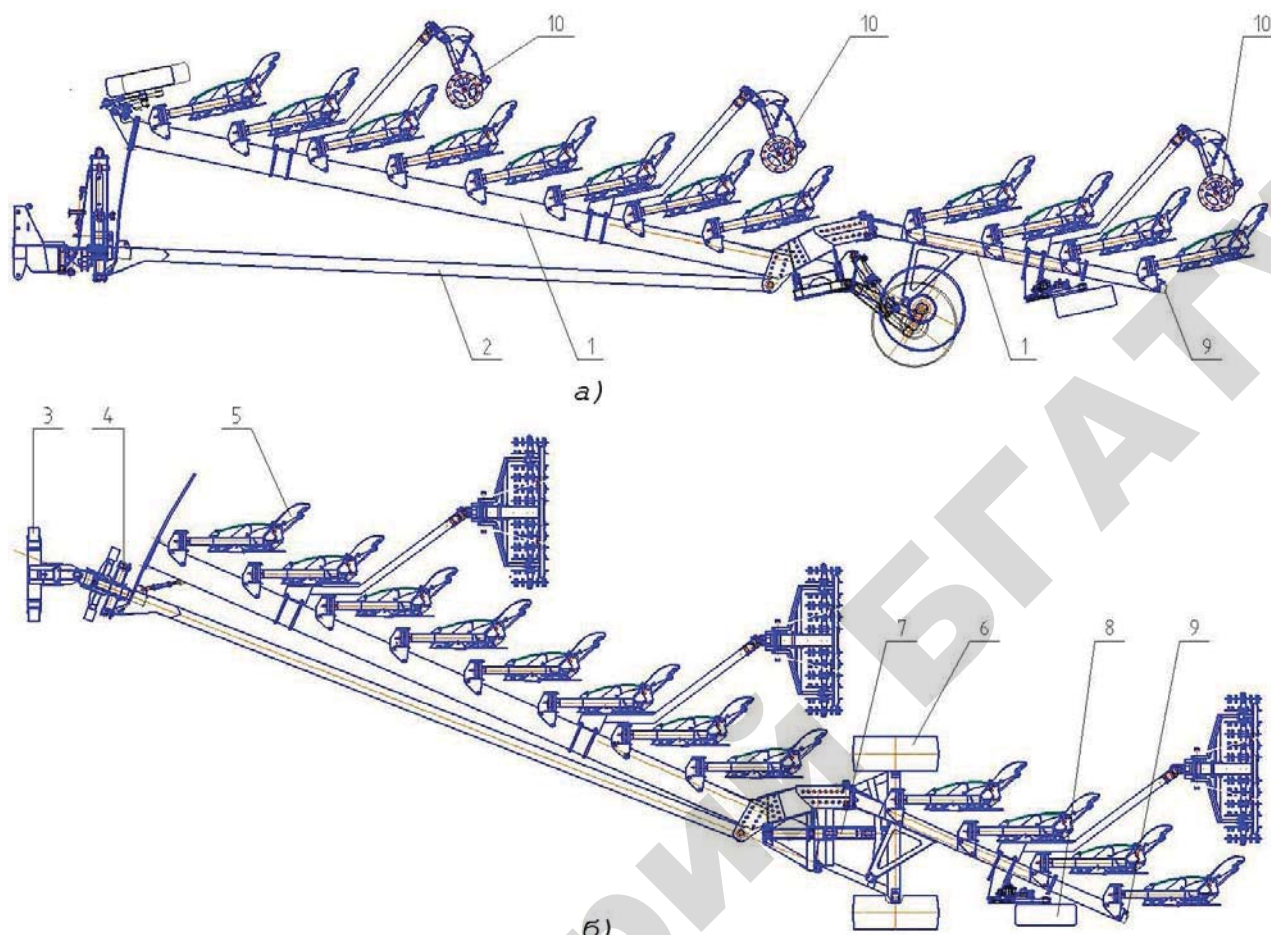


Рисунок 2. Плуг 12-ти корпусный оборотный ПО-(8+4)-40 в транспортном (а) и рабочем (б) положении: 1 – рама; 2 – тяговая балка; 3 – навеска; 4 – механизм оборота; 5 – корпус; 6 – колесный ход; 7 – гидросистема; 8 – опорное колесо; 9 – электрооборудование; 10 – приставки для дополнительной обработки почвы.

«Минскжелезобетон» Червенского района Минской области и РСУП «Совхоз «Лидский» Лидского района Гродненской области. Плуг агрегатировался с тракторами «Беларус-4522С» и «Беларус-3522С».

Испытания плуга ПО-(8+4)-40 проводились с приставками и без них на вспашке поля со стерней кукурузы (агрофон 1, табл. 2), а также с приставками на вспашке многолетних трав (агрофон 2, табл. 2).

В табл. 2 приведены результаты испытаний плуга ПО-(8+4)-40.

При проведении эксплуатационно-технологической оценки установлено, что производительность плуга ПО-(8+4)-40 в агрегате с трактором «Беларус 4522С» на вспашке поля с многолетними травами, соответственно с приставками и без них, составила: за один час основного времени – 4,82 и 4,87 га, за один час сменного – 3,34 и 3,38 га, а за час эксплуатационного – 3,25 и 3,38 га [16].

Удельный расход топлива за один час сменного времени при работе плуга с приставками составил 16,6 кг/га, а без них – 16,6 кг/га. Коэффициенты использования сменного времени составили 0,69 и 0,71. Снижение коэффициента использова-



а)



б)

Рисунок 3. Испытания опытного образца плуга ПО-(8+4)-40: а – в заводских условиях; б – в полевых условиях

ния сменного времени объясняется в основном значительными затратами времени на повороты, переезды, проведение ежесменного технического обслуживания и регламентированными затратами времени в течение смены.

По известному гектарному расходу топлива θ (кг/га) можно определить расход G_t (кг/ч) топлива

за один час сменного времени по следующей формуле [17]:

$$G_t = \theta \cdot W_{\text{ч}}, \quad (1)$$

где $W_{\text{ч}}$ – производительность пахотного агрегата за один час сменного времени, га/ч. По результатам испытаний $W_{\text{ч}} = 3,34-3,48$ га/ч [16].

При изменении гектарного расхода топлива с 16,6 до 16,8 кг расход топлива за один час сменного времени согласно (1) изменяется с 55,44 до 58,46 кг.

Известно, что загрузка двигателя η_e трактора может быть определена по следующему уравнению [17]:

$$\eta_{ei} = \frac{G_{ti} - G_{хд}}{G_{тн} - G_{хд}} \cdot 100, \% , \quad (2)$$

где G_{ti} – часовой расход топлива, соответствующий нагрузке двигателя η_{ei} , кг/ч;

$G_{хд}$, $G_{тн}$ – соответственно максимальный расход топлива на холостом ходу двигателя и при номинальном режиме, кг/ч. Для двигателя трактора «Беларус 4522С» $G_{хд} = 27,3$ кг/ч, $G_{тн} = 62,7$ кг/ч.

Подставив приведенные значения величин в зависимость (2), находим, что средняя загрузка двигателя широкозахватного пахотного агрегата составляет от 79,5 до 88,0 %.

Мощность двигателя $N_{e_{xx}}$ (кВт) при холостом ходе пахотного агрегата на горизонтальном участке можно определить как [17]

$$N_{e_{xx}} = \frac{(G_{тр} \cdot f_{тр} + G_{пл} \cdot f_{пл}) v_x}{\eta_{мг} \cdot \eta_{\delta}}, \quad (3)$$

где $G_{тр}$ и $G_{пл}$ – соответственно эксплуатационный вес трактора и вес плуга, кН. $G_{тр} = 145$ кН, $G_{пл} = 73,2$ кН без приставок и $G_{пл} = 82,0$ кН с приставками;

$f_{тр}$ и $f_{пл}$ – соответственно коэффициент сопротивления качению трактора и плуга. На вспашке поля по стерне кукурузы осенью $f_{тр} = 0,07$, $f_{пл} = 0,12$ [17];

v_x – скорость холостого хода агрегата, м/с. Обычно v_x принимают равной рабочей v_p скорости. По результатам испытаний $v_p = 8-10$ км/ч, что составляет 2,22-2,78 м/с;

$\eta_{мг}$ – механический КПД трансмиссии. Для колесных тракторов может быть принят равным 0,85 [17];

Таблица 1. Характеристики плуга ПО-(8+4)-40 [16]

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Конструктивная ширина захвата плуга	м	4,8
Рабочая ширина захвата агрегата	м	5,04–5,13
Масса плуга:	кг	
без катковых приставок		7460
с катковыми приставками		8360
Габаритные размеры плуга: в рабочем положении:	м	
длина		15,55
высота		2,12
ширина без катковых приставок		4,55
ширина с катковыми приставками		5,60
Расстояние между корпусами:	м	
по раме		1,0
между 8 и 9		2,45
Диаметр катков приставки	м	0,45
Рабочая скорость	км/ч	8-10
Минимальный радиус поворота	м	14

Таблица 2. Результаты испытаний ПО-(8+4)-40 [16]

Наименование показателя	Ед. изм.	ПО-(8+4)-40		
		Без приставок (агрофон 1)	С приставками	
			агрофон 1	агрофон 2
Глубина вспашки	м	0,21	0,22	0,22
Отклонение фактической глубины от заданной	м	-0,01	0	+0,01
Отклонение от конструктивной ширины захвата	м	6,4	6,4	4,8
Глубина заделки растительных и пожнивных остатков	м	12	13	11
Полнота заделки растительных и пожнивных остатков	%	98,4	98,8	98,6
Гребнистость поверхности пашни	м	0,04	0,03	0,03
Крошение пласта на фракции размером до 50 мм	%	78,7	81,5	82,9
Производительность за час времени:	га			
основного		4,87	4,82	нет данных
сменного		3,48	3,34	нет данных
эксплуатационного		3,28	3,25	нет данных
Удельный расход топлива за сменное время	кг/га	16,6	16,8	нет данных
Коэффициент использования сменного времени		0,71	0,69	нет данных

η_{δ} – коэффициент полезного действия буксования при допустимом буксовании движителей колесного трактора в 15 %. $\eta_{\delta} = 0,85$.

Подставив исходные данные в уравнение (3), находим, что мощность $N_{e_{xx}}$ двигателя при холостом

ходе агрегата на горизонтальном участке составляет от 58,16 до 76,92 кВт. Тогда при максимальной мощности двигателя в 342,7 кВт загрузка двигателя $\eta_{e_{xx}}$ трактора на холостом ходу пахотного агрегата составит $\eta_{e_{xx}} = 17 \dots 22 \%$.

Представим уравнение (2) в следующем виде:

$$G_{T_{xx}} = G_{xд} + (G_{T_n} - G_{xд})\eta_{e_{xx}}, \quad (4)$$

где $\eta_{e_{xx}}$ – загрузка двигателя на холостом ходу пахотного агрегата, равная $\eta_{e_{xx}} = 0,17 \dots 0,22$.

Тогда часовой расход топлива $G_{T_{xx}}$ на холостом ходу двигателя составит 33,3 ... 35,1 кг/ч.

Анализ эксплуатационных показателей пахотного агрегата «Беларус 4522С» + ПО-(8+4)-40 с катковыми приставками в сравнении с другими агрегатами показывает следующие результаты.

Широкозахватный пахотный агрегат не уступает по производительности и расходу топлива агрегату в составе того же трактора «Беларус 4522С» и импортного аналога 12-ти корпусного оборотного плуга РW100-12 фирмы «Kverneland» [16].

Пахотный агрегат «Беларус 3022» + ППО-8-40К имеет расход топлива за сменное время – 17,2 кг/га при производительности за один час сменного времени – 2,1 га [18]. В сравнении с данным агрегатом использование опытного широкозахватного пахотного агрегата позволяет увеличить производительность на 38 % и в 1,04 раза снизить расход топлива. Коэффициенты использования сменного времени остаются практически одинаковыми.

Заключение

1. Современный широкозахватный пахотный агрегат на базе трактора «Беларус 4522С» по эксплуатационным показателям не уступает пахотному агрегату при агрегатировании с зарубежным 12-ти корпусным оборотным плугом.

2. Средняя загрузка двигателя трактора на пахоте находится в пределах от 79,5 до 88,0 %, а при холостом ходе пахотного агрегата не более 17...22 %.

3. При нормативной годовой загрузке плуга 150 ч выработка пахотного агрегата может составить более 500 га. При этом использование дополнительных приспособлений для дополнительной обработки поч-

венных пластов позволит не только повысить качество основной обработки почвы, но и сэкономить на годовом объеме работ до 100 кг топлива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 г. и на период до 2020 г. (рекомендации по применению). – Минск: НАН Беларуси, 2014. – 138 с.

2. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. – Минск, 2016. – 59 с.

3. Технология производства продукции растениеводства / И.П. Фирсов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 432 с.

4. Навесной оборотный плуг с регулируемой шириной захвата для обработки не засоренных камнями почв / И.С. Крук [и др.] // Агропанорама, 2009. – № 6. – С. 9-12.

5. Тимошенко, В.Я. Как эффективнее использовать тракторы на пахоте / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Л.Ю. Дудко // Агропанорама, 2004. – № 2. – С. 17-18.

6. Назаров, Ф.И. Повышение эффективности использования катковых приставок в комбинированных пахотных агрегатах / Ф.И. Назаров // Весці Нац. акадэміі навук Беларусі: в 5 ч. Молодежь в науке – 2014 (прилож. к журналу). – Минск: Беларуская навука, 2015. – Ч. 5. – С. 125-128.

7. Крук, И.С. Совмещение операций основной и поверхностной обработки почвы / И.С. Крук, Ю.В. Чигарев, Ф.И. Назаров // Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: сб. тезисов II Всеукраїнської науково-практич. конф., Житомир, 7-8 квітня 2016 року. – Житомир, 2016. – С. 10-12.

8. Повышение эффективности использования дополнительных устройств для поверхностной обработки почвенного пласта в пахотных агрегатах / И.С. Крук [и др.] // The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering: сб. статей, Poznan, Puszczkowo, Poland, June 25-28, 2013. – С. 13-17.

9. Крук, И.С. Обеспечение требуемого качества подготовки почвы под посев культур при использовании дополнительных почвообрабатывающих устройств в пахотных агрегатах / И.С. Крук, Ф.И. Назаров // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 28-30 ноября 2013 г./ Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 279-282.

10. Крук, И.С. Повышение эффективности использования катковых приставок в комбинированных пахотных агрегатах / И.С. Крук, Ю.В. Чигарев, Ф.И. Назаров // Материалы XVI Międzynarodowa konferencja naukowa «Trendy w inżynierii rolniczej – energia odnawialna» z cyklu «Problemy inżynierii rolniczej». – Międzyzdroje, Poland, 4-6 czerwca 2014. – С. 50-53.

11. Крук, И.С. Обеспечение требуемого качества обработки почвы при использовании оборотных плугов с катковыми приставками / И.С. Крук, Ф.И. Назаров // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. научн.-практ. конф., Минск, 4-6 июня 2014 г.: в 2 ч./ Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск.: БГАТУ. – Ч. 2. – С. 273-277.

12. Крук, И.С. Особенности использования почвообрабатывающих катков в конструкциях современных сельскохозяйственных агрегатов / И.С. Крук, Ф.И. Назаров, П.В. Косовский // Технический и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. научн.-практич. конф., Минск, 23-24 октября 2014 г.: в 2 ч. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск.: БГАТУ, 2014. – Ч. 1 – С. 201-203.

13. Дополнительные орудия для повышения эффективности основной обработки почвы оборотными плугами / О.В. Гордеенко [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. научн.-практич. конф., Минск, 8-9 июня 2016 г. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск: БГАТУ. – С. 122-128.

14. Результаты экспериментальных исследований воздействия уплотняющих элементов почвообрабатывающего рабочего органа катковой приставки на почву / И.С. Крук [и др.] // Агропанорама, 2015. – № 4 (110). – С. 2-5.

15. BELARUS-4522 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belarus-tractor.com/catalog/newitems/belarus-4522/>. – Дата доступа: 15.02.2017.

16. Протокол № 093Б 1/2 – 2016 ИП приемочных испытаний опытного образца плуга 12-корпусного оборотного ПО-(8+4)-40. Пос. Привольный Минского района: ИЦ ГУ «Белорусская МИС», 2016. – 75 с.

17. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум: учебное пос. / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова. – Минск: БГАТУ, 2011. – 408 с.

18. Самосюк, В.Г. Насколько эффективен 500-сильный трактор в условиях Беларуси? / В.Г. Самосюк, А.В. Ленский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/tehnira-i-tehnologii/naskolko-jeffektiven-500silnyj-tractor-v-uslovijah-belarusi>. – Дата доступа: 16.02.2017.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28. 02.2017