

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОНСТРУКЦИИ ПОЛУНАВЕСНЫХ ПЛУГОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

В.Я. Тимошенко,

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

А.В. Новиков,

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

Д.А. Жданко,

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

Н.Д. Лепешкин,

зав. отд. механизации возделывания сельскохозяйственных культур РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук, доцент

В.А. Зубок,

студент агроинженерного факультета БГАТУ

В статье рассмотрены вопросы повышения эффективности использования системы автоматического регулирования глубины обработки почвы трактора при его работе с полунавесными оборотными плугами.

Ключевые слова: плуг, трактор, система автоматического регулирования, вспашка, почва.

The questions of efficiency upgrading of the tractor's automatic regulation system when working with semi-mounted reversible plows are considered in the article.

Keywords: plow, tractor, automatic control system, plowing, soil.

Введение

Одной из актуальных задач механической обработки почвы является создание однородного, мощного, хорошо окультуренного корнеобитаемого слоя, обеспечивающего необходимые условия для развития растений, что является основой получения высоких урожаев.

Другой задачей обработки почвы является уничтожение сорняков. Эффективное решение этих двух задач одновременно возможно за счет подрезания корневой системы сорняков и заделки их на дно борозды обрачиванием пласта с помощью лемешно-отвальной поверхности. Эффективность этого приема привела к преобладанию отвальной обработки почвы во всем мире.

Вспашка с оборотом пласта – это основной и важнейший прием обработки почвы, во время которого пласты переворачиваются, перемешиваются и рыхлятся. В результате объем обрабатываемой почвы увеличивается на 25-50 %, а пористость – на 10-15 % [1, 2]. При вспашке подрезаются и заделываются вглубь сорняки, удобрения и пожнивные остатки, выносятся в верхние слои пахотного горизонта коллоидные почвенные частицы, вымытые осадками в нижние слои.

Отвальная вспашка – это радикальное средство борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяй-

ственных растений. Известно, что жизненный цикл большинства вредителей полевых культур тесно связан с почвенной средой. Вредители, которые обитают в верхних слоях почвы, во время вспашки попадают в глубокие слои, где гибнут в результате смены условий жизни. В значительной мере уничтожаются вредители и при вынесении глубоких слоев на поверхность. Часть из них уничтожается птицами. Много вредителей откладывают яйца или зимуют на стерне и сорняках. При вспашке уничтожается до 70 % таких вредителей. Глубокая вспашка – один из радикальных способов борьбы с фузариозом, бурой ржавчиной, мучнистой росой, корневой гнилью и другими болезнями культурных растений [1].

Основная часть

Многолетние исследования, проведенные Белорусским научно-исследовательским институтом земледелия и кормов (БелНИИЗК) ныне РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» [3], позволили сделать вывод о том, что в условиях Беларуси отказаться от вспашки вообще нельзя. Благоприятные климатические условия, недостаток влаги и тепла при поверхностной обработке приводят к интенсивному засорению полей сорняками, особенно пыреем ползучим.

При этом установлено, что в Беларуси можно через год чередовать вспашку с поверхностной обработкой [2]. Это дает возможность получить огромную экономию энергии, имея в виду, что вспашка составляет половину энергетических затрат на обработку почвы.

Способы обработки почвы с полным или частичным оборотом пласта постоянно совершенствуются и получают новое развитие, так как являются основой экологически безопасных технологий, позволяющих существенно сократить использование химических средств защиты растений и минеральных удобрений. Наряду с совершенствованием плугов для загонной вспашки в Западной Европе активно внедряются плуги для гладкой пахоты, главным образом, оборотные и поворотные.

Оборотные плуги находят все большее применение и в нашей республике. Эти плуги имеют два преимущества перед плугами для загонной вспашки. Во-первых, на полях не остается свальных гребней и развальных борозд. Во-вторых, не требуется разбивка полей на загоны, отнимающая много времени у механизатора.

Однако оборотные плуги имеют и ряд недостатков, о которых не принято говорить. К ним следует отнести, прежде всего, их большой вес и высокую стоимость. Кроме этого, они сложнее по устройству, что снижает их техническую надежность.

С увеличением единичной мощности тракторов ширина захвата оборотных плугов тоже увеличивается. В настоящее время в Беларуси выпускаются оборотные плуги от трех до десяти корпусов. Ввиду того, что их эксплуатационный вес примерно в два раза превышает вес плуга для загонной вспашки, имеет такую же ширину, то, начиная с 4-х корпусного, оборотные плуги выпускаются в полунавесном варианте.

Все современные тракторы оснащаются системой автоматического регулирования (САР) глубины обработки, которая предназначена для использования, прежде всего, при агрегатировании с ними плугов. В зависимости от условий вспашки представляется возможным использовать в САР силовой способ регулирования глубины, либо позиционный, либо смешанный.

Известно, что силовой способ целесообразно использовать на полях с примерно одинаковым удельным сопротивлением почв вспашке. В таких условиях, задавая с помощью САР гидросистеме заднего навесного устройства определенное значение тягового сопротивления плуга, задается определенная глубина вспашки. При изменении тягового сопротивления плуга, являющегося функцией глубины вспашки, САР автоматически изменит положение нижних тяг заднего навесного устройства трактора, производя тем самым коррекцию положения корпусов плуга на подъем или опускание. Практически то же самое происходит при использовании позиционного способа регулирования. Только в этом случае устанавливается определенная позиция плуга относительно осто-

ва трактора и поддерживается с помощью САР. Сохранение этой позиции обеспечивается положением нижних тяг заднего навесного устройства. Поэтому позиционный способ регулирования глубины пахоты рекомендуется применять на ровных полях, без уклона.

При смешанном способе коррекция положения корпусов плуга производится аналогично.

Таким образом, применение САР позволяет в любых условиях получить пахоту, отвечающую предъявляемым к ней агротехническим требованиям.

Однако такое утверждение будет абсолютно справедливым, если вести речь о навесных плугах. Полунавесные плуги имеют особенность конструкции, которая состоит в том, что при числе корпусов более пяти, они выпускаются двухсекционными. При этом первая секция, как правило, имеет пять-шесть корпусов. Расстояние от первого до последнего корпуса первой секции по длине плуга составляет три и более метров. Конструкция этих плугов, как отечественных, так и импортных такова, что при коррекции с помощью САР положения корпусов плуга по высоте производится подъем или опускание только передней части первой секции плуга. Так как работа гидроцилиндров заднего навесного устройства трактора и колесного хода плуга не синхронизирована, то корпуса этой секции поднимутся или опустятся на разную высоту и будут пахать на разную глубину неравномерно, нарушая агротребования. Задняя секция плуга не имеет гидроцилиндра, связанного с основным гидроцилиндром заднего навесного устройства, поэтому она при этом своего положения не меняет.

Рассмотрим это на примере плуга ПОП-8-40К (рис. 1).

Плуг полунавесной ПОП-8-40К [4] состоит из тяговой балки 1 вместе с механизмом оборота и навеской, основной рамы 2, хода колесного 3 с гидроцилиндром, опорного колеса 4 с регулируемыми упорами.

Тяговая балка 1 вместе с механизмом оборота и навеской служит для агрегатирования плуга с трактором, перевода плуга из транспортного положения в рабочее и обратно, а также поворота рамы плуга при вспашке правооборачивающими 5 или левооборачивающими (на рис. 1 не показаны) корпусами поочередно.

Основная рама 2 представляет собой шарнирно-сочлененную конструкцию и состоит из несущей балки 6 и задней балки 7, соединенных между собой осью 8.

Ход колесный 3 с гидроцилиндром предназначен для транспортировки плуга, а также для установки и поддержания заданной глубины вспашки последними корпусами передней секции и первыми корпусами задней секции плуга.

Опорное колесо 4 с механизмом регулировки глубины вспашки предназначено для установки и поддержания глубины пахоты последнего корпуса.

На несущей 6 и задней балке 7 попарно установлены правооборачивающие и левооборачивающие корпуса плуга с рессорными предохранителями с ша-

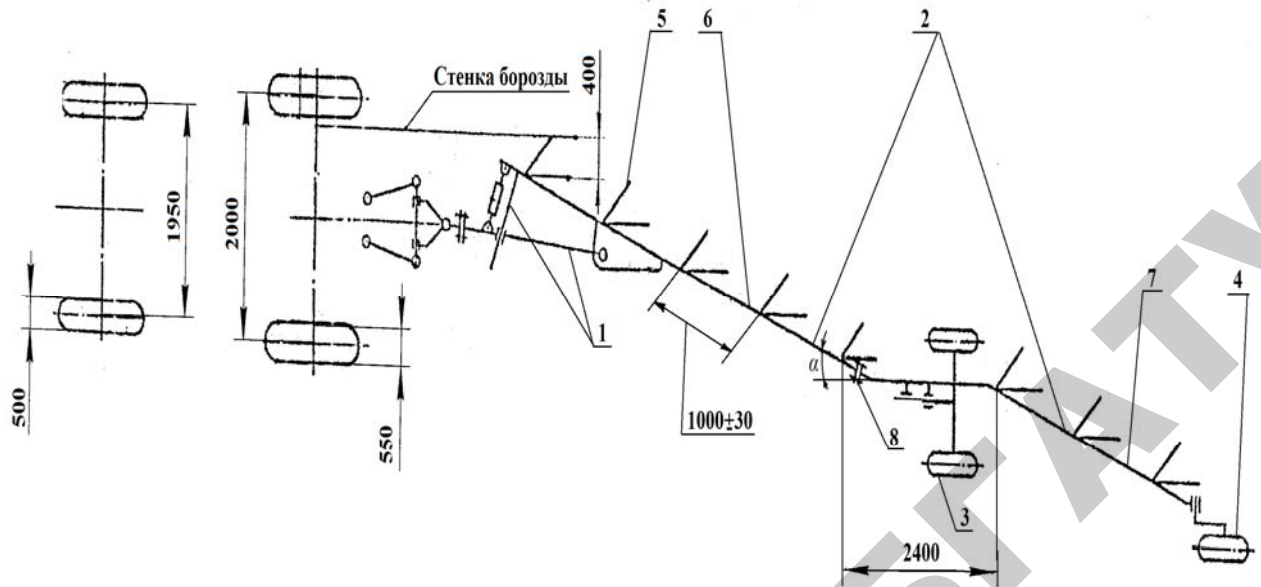


Рисунок 1. Схема агрегатирования плуга ПОП-8-40К с трактором Беларус 3022:

1 – тяговая балка вместе с механизмом оборота и навеской; 2 – основная рама; 3 – ход колесный; 4 – опорное колесо; 5 – правоборачивающий корпус; 6 – несущая балка; 7 – задняя балка; 8 – ось; α – угол поворота несущей балки относительно продольной оси агрегата

гом по раме 1000 мм. Между пятым и шестым корпусами плуга расстояние не менее 2400 мм. Несущая 6 и задняя 7 балки повернуты относительно продольной оси на угол α .

Перед проходом первой борозды плуг из транспортного положения с помощью механизма оборота переводят в рабочее положение. Глубину пахоты устанавливают рукояткой САР, изменяя положение нижних тяг навески трактора и регулятором глубины хода колесного 3, а также изменением положения регулируемых упоров опорного колеса 4. На втором проходе корректируют глубину пахоты таким образом, чтобы рама не имела перекоса в поперечном направлении и была параллельна поверхности почвы. При этом перекосы рамы в поперечном направлении устраняются регулировкой вертикальных раскосов навесной системы трактора и регулировочными болтами механизма оборота. Параллельность рамы относительно поверхности почвы обеспечивается механизмами регулировки глубины вспашки, рассмотренными ранее. Руководство по эксплуатации плуга предусматривает, чтобы при вспашке секция гидрораспределителя управления гидроцилиндром колесного хода 3 находилась в запертом положении.

Завод-изготовитель плуга ПОП-8-40К [4] рекомендует при пахоте использовать смешанный (позиционно-силовой) способ автоматического регулирования глубины пахоты. Это означает, что при отклонении тягового сопротивления плуга или его позиции относительно остова трактора от заданных, система автоматического регулирования (САР) гидравлической системы трактора путем подъема или опускания продольных тяг заднего

навесного устройства (ЗНУ) трактора производит коррекцию глубины вспашки, т. е. приподнимает (выглубляет) или опускает (заглубляет) плуг. Из-за особенностей конструкции плуга (рис. 1), состоящих в том, что основная рама 2 представляет шарнирное соединение несущей балки 6 и задней 7, цилиндр колесного хода 3 находится в запертом положении, при подъеме нижних тяг навески трактора поднимается только передний конец несущей балки 6. При этом она поворачивается в продольно-вертикальной плоскости относительно шарнира 8 по часовой стрелке (рис. 2) при выглублении на угол β или против часовой стрелки при заглублении на угол γ , а шестой, седьмой и восьмой корпус плуга вообще не реагируют на работу САР. Каждый из первых пяти корпусов выглубится или заглубится на разную глубину. В порядке убывания их значений: выглубление – от Δa_1 до Δa_5 и заглубление – от Δb_1 до Δb_5 .

Из-за малых значений углов поворота несущей балки $\sin \beta \cong \sin \gamma \cong 0$, а $\cos \beta \cong \cos \gamma \cong 1$.

Используя теорему подобия треугольников и учитывая, что расстояние между корпусами плуга одинаково, получим, что при выглублении (заглублении) первого корпуса на Δa_1 (Δb_1) выглубление (заглубление) второго корпуса примерно составит $3/4 \Delta a_1$ ($3/4 \Delta b_1$), третьего – $1/2 \Delta a_1$ ($1/2 \Delta b_1$), четвертого – $1/4 \Delta a_1$ ($1/4 \Delta b_1$). Выглубление (заглубление) пятого корпуса плуга из-за близости расположения его к оси шарнира 1 будет близким к нулю.

Тяговое сопротивление R плуга на горизонтальном участке можно определить как

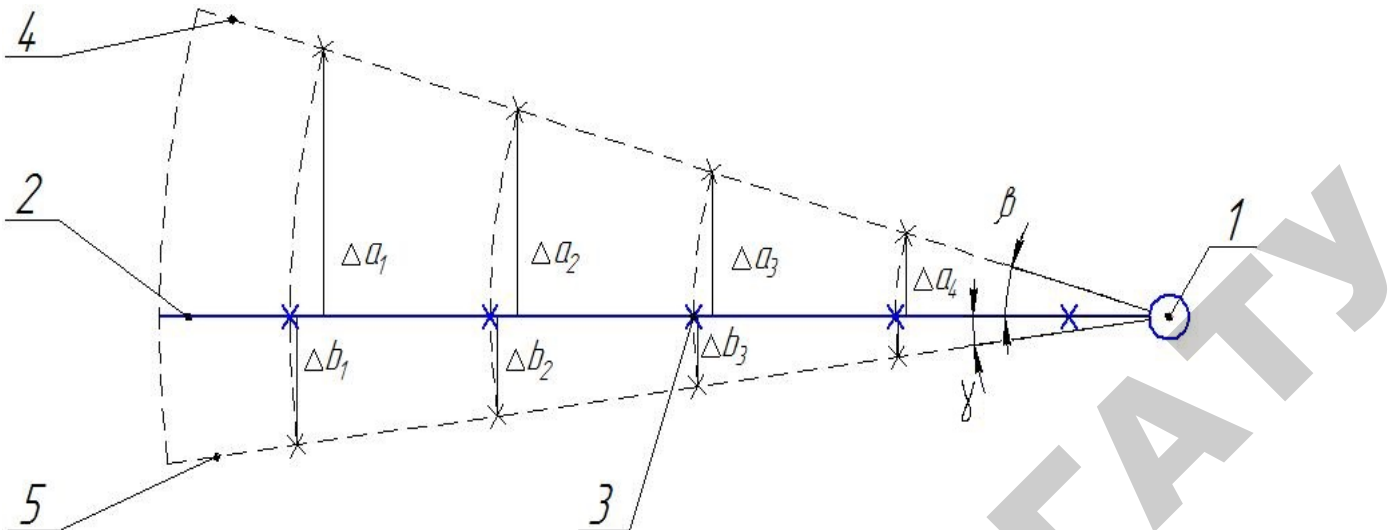


Рисунок 2. Схема поворота несущей балки вместе с корпусами плуга при работе САР:
1 – ось шарнира; 2 – несущая балка, расположенная параллельно поверхности почвы; 3 – место крепления корпусов плуга к балке; 4 и 5 – соответственно положение несущей балки при выглублении или заглублении плуга с помощью САР; Δa и Δb – соответственно величина выглубления или заглубления корпусов плуга при работе САР; β и γ – соответственно угол поворота несущей балки при выглублении и заглублении плуга

$$R = \kappa \cdot a \cdot B_k, \quad (1)$$

где κ – удельное сопротивление почвы при пахоте, кПа;

a – глубина пахоты, м ;

B_k – конструктивная ширина захвата плуга, м.

$$B_k = n \cdot b_k ;$$

n – число корпусов плуга.

Для плуга ПОП-8-40К [3]

$$n = n_1 + n_2,$$

n_1 – число корпусов плуга, расположенных на несущей балке 6 (рис.1);

n_2 – число корпусов плуга, расположенных на несущей балке 7;

b_k – ширина захвата одного корпуса, м.

При максимально допустимой глубине вспашки плугом ПОП-8-40К в 0,27 м [3] неравномерность тягового сопротивления может достигать $\pm 30\%$. Это означает, что текущее значение R может изменяться от $0,7R$ до $1,3R$. Его увеличение или уменьшение происходит пропорционально изменению κ . Для стабилизации R САР приподнимает или опускает плуг, что подробно рассмотрено ранее (рис.1, 2).

Заглубление или выглубление корпусов плуга не может изменить значение κ . Следовательно, уменьшить R при увеличении κ можно только уменьшением площади поперечного сечения обрабатываемого пласта. Пусть тяговое сопротивление R плуга увеличилось в m раз. Для его уменьшения САР приподнимает (выглубляет) плуг, чтобы площадь поперечного сечения S_2 пласта (на рис.3 заштрихована) стала меньше площади $a \cdot B_k = S_1$ в m раз, т. е.

$$m = \frac{S_1}{S_2}. \quad (2)$$

Пользуясь данными по плугу ПОП-8-40К и учитывая вышеизложенное, можно определить площадь S_2 отваливаемого пласта после коррекции глубины пахоты

$$S_2 = b_k [(n_1 + n_2)a - 2,5\Delta a_1].$$

Тогда

$$m = \frac{a(n_1 + n_2)}{a(n_1 + n_2) - 2,5\Delta a_1}. \quad (3)$$

Из уравнения (3) находим, что

$$\Delta a_1 = \frac{a(m - a)(n_1 + n_2)}{2,5m}. \quad (4)$$

В таблице 1 приведены значения Δa для передней секции плуга ПОП-8-40К при $m=1,1; 1,2$ и $1,3$ при $a=0,27$ м, $b_k=0,4$ м, $n_1=5$ и $n_2=3$.

Таким образом, использование САР для работы рассматриваемой конструкции плуга (рис. 1) не приводит к желаемому результату по сохранению постоянства глубины пахоты за счет поддержания постоянным тягового сопротивления плуга. САР обеспечит постоянным значение тягового сопротивления, но глубина пахоты каждым корпусом будет разной. Например, при увеличении R в 1,3 раза первый корпус должен быть выглублен почти на 0,2 м, т.е. на 70 %, а четвертый – всего на 0,05 м ($\Delta a_4 = \frac{1}{4} \Delta a_1$) или на 18 %. Использование позиционного способа регулирования глубины пахоты как и смешанного в пред-

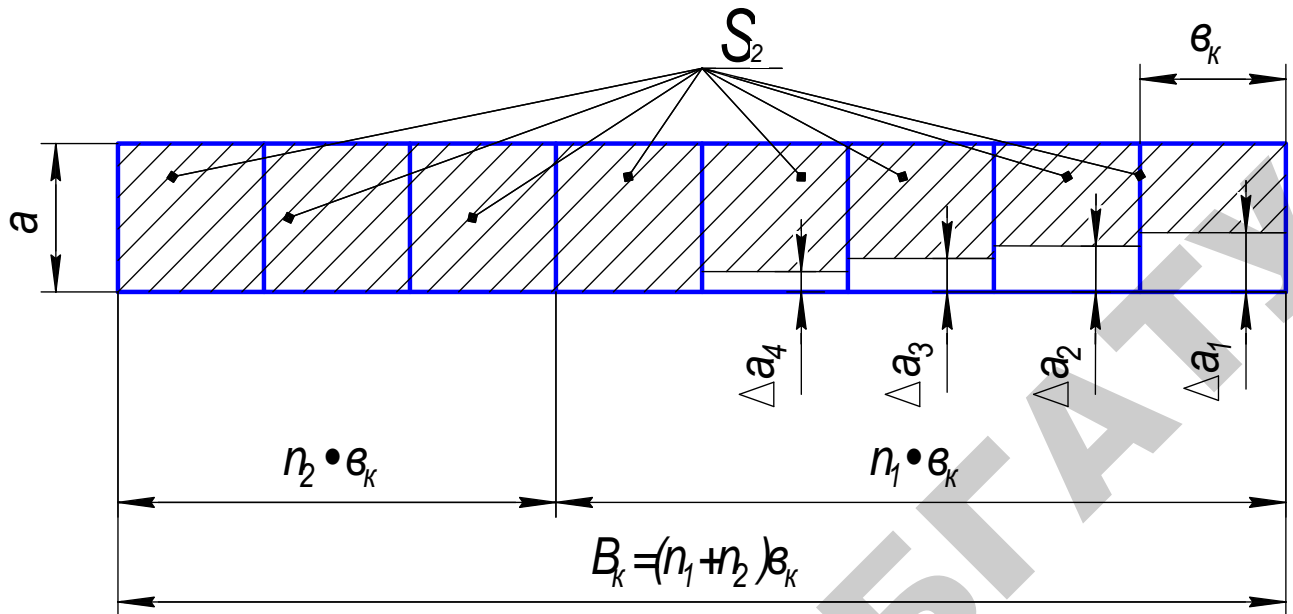


Рисунок 3. Поперечное сечение пласта

ставленной конструкции плуга (рис. 2) будет давать такой же эффект, как и при силовом способе.

Таблица 1. Значения выглубления Δa корпусов передней секции плуга при увеличении тягового сопротивления R

Значение m	Значение Δa , м				
	№ корпуса				
	1	2	3	4	5
1,1	0,078	0,058	0,039	0,019	0
1,2	0,144	0,108	0,072	0,036	0
1,3	0,199	0,149	0,099	0,050	0

Устранить отмеченный недостаток плуга можно установкой в передней части плуга опорного колеса с регулированием его положения по высоте. Однако в этом случае плуг станет полуприцепным, что сделает невозможным использование САР трактора и автоматического регулирования положения корпусов плуга в зависимости от изменения его тягового сопротивления в процессе пахоты. В этом случае, как показывает практика, снижается качество вспашки и значительно возрастают энергозатраты на пахоту.

Заключение

1. С увеличением единичной мощности современных тракторов увеличивается ширина захвата агрегируемых с ними плугов.
2. Мировая тенденция – увеличение производства плугов для гладкой пахоты и, прежде всего, оборотных.
3. Относительный вес оборотных плугов почти в два раза выше веса плугов для загонной вспашки. По этой причине оборотные плуги выпускают в полунавесном варианте

4. Полунавесные отечественные и зарубежные оборотные полунавесные плуги имеют конструкцию, не позволяющую эффективно использовать возможности системы САР глубины пахоты.

5. Для эффективного использования системы САР современных тракторов при работе с указанными плугами необходимо модернизировать конструкцию плугов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лобачевский, Я. П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я. П. Лобачевский, Л. М. Колтина. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 86 с.
2. Колос, В.А. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий / В.А. Колос, В.Б. Ловкис // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. – Т. 42. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2008. – С. 13-19.
3. В защиту традиционного плуга / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама, 2013. – № 3. – С. 20-23.
4. Плуг полунавесной оборотный восьмикорпусный с автоматической защитой корпусов ПОП-8-40К. Руководство по эксплуатации. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2010. – 50 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.11.2015