

УДК 631.312.021.4:631.512

И. В. Дубень, кандидат технических наук, доцент
Учреждение образования «Барановичский государственный университет», ул. Войкова, 21,
225404 Барановичи, Республика Беларусь, +375 (29) 824 26 49, duben_i_v@mail.ru

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАБОТЫ ПЛУЖНЫХ КОРПУСОВ С УГЛОСНИМАМИ

Проведены полевые исследования работы плужного корпуса ПЛП-01 с углоснимом, установленным в верхней части отвала, а также корпуса без углоснима. Оценивались агротехнические показатели работы — крошение почвы, глыбистость и заделку растительных остатков, а также тяговое сопротивление корпуса. Установлено, что углосним интенсивно воздействует на почвенный пласт, при этом показатели крошения почвы и заделки растительных остатков значительно повышаются. Однако применение углоснимов приводит к увеличению тягового сопротивления при вспашке на 9,5...18,4 %.

Ключевые слова: отвальная вспашка; плуг; углосним; тяговое сопротивление; крошение почвы; глыбистость; заделка растительных остатков.

Рис. 1. Табл. 3. Библиогр.: 12 назв.

I. V. Duben, PhD in Technical Sciences, Associate Professor
Educational institution “Baranovichi State University”, 21 Voikova Str., 225401 Baranovichi,
the Republic of Belarus, +375 (29) 824 26 49, duben_i_v@mail.ru

AGROTECHNICAL AND ENERGY ASSESSMENT OF THE WORK OF PLOUGH BODIES WITH TRASHBOARD

Field studies of the PLP-01 plow body operation with a trashboard installed in the upper part of the mouldboard, as well as the body without a trashboard were carried out. The agrotechnical performance indicators - soil crumbling, clumping and incorporation of plant residues, as well as the traction resistance of the hull were evaluated. It has been established that the trashboard action intensively affects the soil formation, while the indicators of soil crumbling and seeding of plant residues significantly increase. However, the use of trashboard leads to the increase in the traction resistance during plowing on 9.5...18.4 %.

Key words: moldboard plowing; plow; trashboard; traction resistance; soil crumbling; clumping; incorporation of plant residues.

Fig. 1. Table 3. Ref.: 12 titles.

Введение. Отвальная вспашка в условиях нашей страны имеет неоспоримые преимущества перед всеми вариантами минимальной обработки, в том числе глубокая заделка органических удобрений и семян сорняков, откуда их ростки не могут выйти на поверхность почвы. Таким образом, плуг является «санитаром полей» в борьбе с сорняками без применения гербицидов, однако для этого нужен полный оборот пластов.

В настоящее время в Беларуси плужные корпуса с лемешно-отвальной поверхностью культурного типа в производственных условиях практически не используются, вместо культур-

ной вспашки в подавляющем большинстве случаев применяется вспашка корпусами полувинтового типа без предплужников (взмет зяби). Это вызвано желанием избежать загромождения межкорпусного пространства плуга растительными остатками, а также уменьшить тяговое сопротивление орудия. Однако с агротехнической точки зрения по полноте оборота пластов, заделке растительных остатков, удобрений и семян сорняков взмет зяби не выдерживает критики [1].

Технические решения для улучшения оборота почвенных пластов следующие:

- 1) применение предплужников, которыми в качестве опции оснащаются плуги ряда известных западных производителей;
- 2) углоснимы, первоначально предназначенные как замена предплужникам для вспашки почв, засоренных камнями;
- 3) применение других дополнительных рабочих органов, улучшающих оборот пласта после схода его с отвала.

На полях с обильными пожнивными остатками, например, после кукурузы и подсолнечника, лучше работать плугом с увеличенными отвалами. Также при вспашке по таким полям рекомендуется установка предплужников. В этом случае растительные остатки лучше заделываются в почву. Однако в нашей стране предплужники находят весьма ограниченное применение главным образом потому, что они не производятся предприятиями сельскохозяйственного машиностроения [2].

На плугах, работающих по «залежам», наилучшим вариантом является применение предплужников. Также возможна дополнительная установка углоснимов, которые позволяют лучше заделывать растительные остатки на дно борозды [3].

Углоснимы выполняют ту же роль, что и предплужники, но срезают только угол почвенного пласта. По стоимости и металлоёмкости углоснимы выигрывают по сравнению с предплужником. Они крепятся непосредственно к отвалам корпусов, что даёт существенное преимущество: плуг с углоснимами меньше забивается, так как пространство между корпусами ничем не закрыто.

Положение углоснима относительно отвала корпуса регулируется в зависимости от глубины пахоты. Правильно отрегулированный углосним должен срезать угол оборачиваемого пласта и сбрасывать его на дно борозды впереди корпуса [4]. При глубине пахоты плуга 20...24 см углоснимы крепят в верхней части отвалов основных корпусов, а при глубине 25...27 см — выше рабочей поверхности отвалов с помощью дополнительных кронштейнов. Примером является полувинтовой корпус ПЛП-01 (ПЛД-06) производства ОАО «Минский завод шестерен» [5], углосним на котором закреплен в верхней части груди отвала (рисунок 1, а).



Рисунок 1. — Плужные корпуса с углоснимами: а — ПЛП-01 производства ОАО «Минский завод шестерен»; б — типа МХ плуга UNIA IBIS XM 4+1 (Польша)

Однако углоснимы на плугах, выпускаемых в Беларуси, имеют весьма ограниченные возможности изменения их положения в зависимости от глубины вспашки, твердости верхнего слоя почвы и наличия растительных остатков [2].

Разновидностью углоснимов можно считать дефлекторы (отражатели), которые в настоящее время широко применяются на зарубежных плугах [6]. Дефлекторы устанавливаются над верхним обрезом отвала и предотвращают пересыпание почвы через верхний обрез отвала, а также сгуживание растительных остатков перед стойкой корпуса при максимальной глубине пахоты, при этом на оборот пласта влияют ограниченно (см. рисунок 1, б).

В авторском свидетельстве [7] предложен углосним, хвостовая часть которого имеет коническую поверхность. В работе [8] обоснована серповидная форма углоснима, исследовано влияние его параметров на тяговое сопротивление корпуса, дальность отброса почвы и глубину заделки растительных остатков в почву. Эти и другие конструктивные предложения направлены на улучшение технологических показателей работы углоснимов.

Ряд исследователей предлагают использовать для улучшения качества заделки растительных остатков другие дополнительные рабочие органы — заплужники, щитки и т. п., доворачивающие почвенный пласт после его схода с отвала [1]. На практике широко применяют оснащение укороченного отвала пером, несколько улучшающим оборот пласта (см. рисунок 1, а).

Материалы и методы исследования. В полевых условиях нами проводились исследования агротехнических и энергетических показателей вспашки плужным корпусом ПЛП-01 с углоснимом и без него [9].

При оценке агротехнических показателей вспашки исследуемый корпус устанавливали вместо заднего стандартного корпуса на плуг ПЛН-3-35, агрегируемый с трактором МТЗ-82. Полевые опыты проводились на дерново-подзолистой почве, подстилаемой моренным суглинком. Агрофон — стерня пшеницы высотой 0,10...0,20 м, среднее значение абсолютной влажности почвы — 19,5 %, средняя твердость пахотного слоя — 2,58 Мпа, глубина вспашки — 0,20...0,22 м, средняя скорость пахотного агрегата — 2,3 м / с.

При исследовании основных агротехнических показателей работы корпусов использовали специальные методики оценки качества крошения, глыбистости и полноты заделки растительных остатков на основе требований РД 10.4.1-89 [10]. Качество крошения пахотного слоя определяли в шести повторностях на учетных площадках площадью 0,25 м², ширина которых равна ширине захвата исследуемого корпуса (0,35 м). После изъятия проб их разделяли на фракции размером свыше 0,15; 0,15...0,05 и менее 0,05 м, затем взвешивали и находили процентное содержание отдельных фракций в общей массе пробы.

Коэффициенты крошения $K_{кр}$ и глыбистости $K_{гл}$ определяли по выражениям:

$$K_{кр} = (m_{<0,05} / m_{пр})100 \%,$$

$$K_{гл} = (m_{>0,15} / m_{пр})100 \%,$$

где $m_{<0,05}$ — масса фракции с размерами комков менее 0,05 м;

$m_{>0,15}$ — масса фракции с размерами комков более 0,15 м;

$m_{пр}$ — масса всей пробы.

Степень заделки растительных остатков оценивали по массе оставшихся на поверхности пашни пожнивных и растительных остатков. До прохода плуга определяли массу растительного покрова и пожнивных остатков на трех участках площадью 0,25 м² путем их среза-

ния и сбора. Отбор проб после вспашки проводили в шести повторностях на участках длиной 3 м, собранную массу высушивали и взвешивали с точностью до 1 г. Коэффициент заделки растительных остатков определяли по формуле

$$K_3 = (1 - m_n / m_p) 100 \%,$$

где m_n — масса незаделанных растительных остатков на 1 м² пашни, кг;

m_p — масса растительных и пожнивных остатков с 1 м² участка до прохода исследуемого корпуса, кг.

В ходе статистического анализа результатов сравнительных испытаний вычисляли средние значения показателей, дисперсии и коэффициенты вариации по общепринятым методикам. Анализ данных проводили путем сравнения средних значений величин при групповых сравнениях по критерию Фишера [11, с. 141].

Результаты исследования и их обсуждение. Полученные данные свидетельствуют об улучшении показателей крошения почвы на 4,6 % и заделки растительных остатков на 7,6 % (таблица 1). Применение углоснима обеспечивает практически полную заделку растительных остатков: коэффициент K_3 повысился с 91,7 до 98,7 %.

В отдельных опытах исследовали влияние глубины обработки почвы в диапазоне 0,17...0,23 м на агротехнические показатели работы плужного корпуса ПЛП-01 с углоснимом и без него (таблица 2). Опыты проводились на стерне ячменя высотой 0,10...0,15 м, что соответствует типичным условиям работы плугов в условия северо-западной части Беларуси. Средняя твердость почвы в слое 0...0,15 м равнялась 2,65 МПа, средняя абсолютная влажность почвы — 19,4 %, средняя скорость пахотного агрегата — 1,7...1,8 м / с (6,1...6,5 км / ч). Ширину свободного дна борозды измеряли в 15 повторностях линейкой с точностью до 10 мм по двум проходам исследуемого корпуса («туда» и «обратно»).

При статистическом анализе опытных данных проверяли равенство математических ожиданий методом парных сравнений по критерию Стьюдента [12, с. 139]. Результаты анализа показали следующее.

Ширина свободного дна борозды не зависит от наличия углоснима, но существенно зависит от глубины хода плуга. Так, при увеличении глубины вспашки с 0,17...0,18 до 0,23 м ширина свободного борозды уменьшается с 0,246...0,249 до 0,211...0,214 м.

Все варианты комплектации корпуса и глубины вспашки при вышеуказанных полевых условиях обеспечили примерно одинаковое содержание фракций с размером комков до 0,05 м ($K_{кр} = 68,2...73,3$ %). Однако наличие углоснима обеспечивает существенное уменьшение содержания глыб размером более 0,15 м как при глубине вспашки 0,17...0,18 м (с 1,45 до 0,6 %), так и при глубине вспашки 0,23 м (с 3,68 до 2,52 %).

Т а б л и ц а 1. — Агротехнические показатели работы корпуса ПЛП-01 с углоснимом и без углоснима, %

Тип корпуса	Коэффициент крошения почвы $K_{кр}$		Коэффициент глыбистости $K_{гл}$		Коэффициент заделки растительных остатков K_3	
	среднее значение	коэффициент вариации	среднее значение	коэффициент вариации	среднее значение	коэффициент вариации
Без углоснима	66,9	6,62	7,5	62,10	91,7	3,10
С углоснимом	70,0	1,59	5,0	88,14	98,7	2,14

Т а б л и ц а 2. — Агротехнические показатели работы плужного корпуса ПЛП-01 в зависимости от глубины вспашки

Показатель	Среднее значение	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Коэффициент вариации, %
<i>Без углоснима</i>				
Глубина вспашки, м	0,17	7,8	0,23	5,8
Ширина свободного дна борозды, м	0,249	12,0	0,214	15,0
Коэффициент крошения почвы $K_{кр}$, %	73,2	12,9	68,2	12,0
Коэффициент глыбистости $K_{гл}$, %	1,45	34,5	3,68	24,8
Коэффициент заделки растительных остатков K_3 , %	93,2	19,9	86,9	20,7
<i>С углоснимом</i>				
Глубина вспашки, м	0,18	8,6	0,23	6,8
Ширина свободного дна борозды, м	0,246	6,9	0,211	8,9
Коэффициент крошения почвы $K_{кр}$, %	73,2	15,5	73,3	10,5
Коэффициент глыбистости $K_{гл}$, %	0,60	22,1	2,52	18,9
Коэффициент заделки растительных остатков K_3 , %	98,3	16,2	97,8	17,8

При отсутствии углоснима увеличение глубины вспашки с 0,17 до 0,23 м приводит к ухудшению оборота пласта и, соответственно, заделки растительных остатков с 93,2 до 86,9 %. Наличие углоснима обеспечивает стабильную заделку растительных остатков ($K_3 = 97,8 \dots 98,3$ %) вне зависимости от глубины хода корпуса в исследованном интервале.

Таким образом, наличие углоснима, закрепленного в верхней части отвала в зоне непосредственного воздействия на верхний слой почвенного пласта, существенно влияет на глыбистость вспаханной почвы и полноту заделки растительных остатков.

С другой стороны, наличие дополнительных трущихся поверхностей и большая кривизна рабочей поверхности углоснимов создает предпосылки к существенному увеличению энергозатрат на вспашку. Для определения тягового сопротивления был использован метод линейного динамометрирования с регистрацией продольной составляющей сопротивления корпуса. Опыты проводили на дерново-подзолистой почве, подстилаемой моренным суглинком, на различных агрофонах (черный пар, стерня зерновых, залежь), при этом контролировали абсолютную влажность почвы и твердость в слое до 25 см с помощью твердомера Ревякина.

В результате обработки осциллограмм получены средние значения и коэффициент вариации тягового сопротивления плужного корпуса ПЛП-01 с углоснимом, а также без углоснима (таблица 3).

В результате установлено, что установка углоснима приводит к существенному увеличению тягового сопротивления плужного корпуса в среднем на 18,4 % при вспашке рыхлой почвы, на 9,5 % — при вспашке стерни зерновых и на 13,8 % — при обработке задернелой почвы.

Т а б л и ц а 3. — Результаты динамометрирования плужного корпуса ПЛП-01 при глубине вспашки 0,20...0,22 м на различных агрофонах

Условия проведения опыта	Комплектация корпуса	Скорость пахотного агрегата, км / ч	Удельное тяговое сопротивление	
			среднее значение, кПа	коэффициент вариации, %
Агрофон — черный пар, абсолютная влажность почвы — 13,0 %, средняя твердость почвы — 0,72 МПа	С углоснимом	8,17	59,27	4,83
	Без углоснима	7,83	50,03	4,21
Агрофон — стерня яровых, абсолютная влажность почвы — 17,4 %, средняя твердость почвы — 2,45 МПа	С углоснимом	8,17	68,10	5,14
	Без углоснима	8,30	62,20	9,13
Агрофон — задернелая почва после уборки многолетних трав, абсолютная влажность почвы — 18,9 %, средняя твердость почвы — 3,83 МПа	С углоснимом	8,50	102,13	3,54
	Без углоснима	8,40	89,73	5,62

Закключение. В результате проведенных нами полевых опытов установлено, что углоснимы при их установке в верхней части отвалов плужных корпусов ПЛП-01 достаточно интенсивно воздействуют на обрабатываемый пласт почвы. Показатели крошения почвы, глыбистости и заделки растительных остатков при обработке стерни зерновых значительно лучше, чем при использовании плужных корпусов без углоснимов. Однако установка углоснимов приводит к существенному (на 9,5...18,4 %) увеличению тягового сопротивления плужных корпусов.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что применение углоснимов на данных плужных корпусах оправдано, когда требуется хорошее крошение почвы при полной заделке растительных остатков (например, при подготовке почвы под посев озимых культур). При вспашке рыхлой почвы (при перепашке после уборки пропашных культур — картофеля, свеклы и др.) целесообразно использовать менее энергоемкие способы обеспечения улучшения оборота пласта и заделки растительных остатков.

Список цитируемых источников

1. *Василенко, В. В.* Роль предплужников в историческом развитии плугов / В. В. Василенко, С. В. Василенко, П. С. Востриков // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. В. А. Гулевского. — 2018. — Воронеж : Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I. — С. 32—38.
2. Состояние и основные направления развития плугостроения в Республике Беларусь / А. А. Точицкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомств. темат. сб. : в 2 т. — Минск : Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва, 2009. — Вып. 43, т. 1. — С. 76—83.
3. *Харитонова, Д.* Верный пахарь. Особенности выбора и эксплуатации плугов [Электронный ресурс] / Д. Харитонова // Агротехника и технологии. — 2018. — № 1. — Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/tech/article/29285-vernyu-pakhar-osobennosti-vybora-i-ekspluatatsii-plugov>. — Дата доступа: 05.02.2021.
4. Технологические настройки и регулировки почвообрабатывающих и посевных машин [Электронный ресурс] // Сайт РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». 2018. — 30.04.2018. — Режим доступа: <https://belagromech.by/news/tehnologicheskie-nastrojki-i-regulirovki-pochvoobrabatyvayushhih-i-posevnyh-mashin>. — Дата доступа: 15.02.2021.

5. Корпуса для плугов [Электронный ресурс] / Сайт ОАО «Минский завод шестерен». — Режим доступа: <https://mgw.by/products/plows/corps> . — Дата доступа: 14.02.2021.
6. *Насритдинов, А. А.* Оптимальные условия установки углоснима / А. А. Насритдинов, А. В. Рязанов // *Техника в сел. хоз-ве.* — 2003. — № 6. — С. 34—35.
7. Корпус плуга : а. с. 1085524 СССР : МКИ А 01 В 15/00 / Е. Д. Афонин, П. Н. Бурченко, А. Е. Афонин и др. (СССР) ; дата публ. 15.04.1984 // *Открытия. Изобретения : бюллетень.* — 1985. — № 14.
8. *Рязанов, А. В.* Обоснование параметров углоснима к корпусу оборотного плуга : дис. ... канд. техн. наук. — Янгиюль, 2002. — 141 л.
9. *Дубень, И. В.* Совершенствование технологического процесса вспашки корпусами с пластинчатыми отвалами : дис. ... канд. техн. наук. — Горки, 2002 — 134 л.
10. *Машины и орудия для глубокой обработки почвы. Программа и методы испытаний : взамен ОСТ 70.4.1-74 (с изм.) : введ. 01.05.89.*
11. *Короткевич, А. В.* Основы испытаний сельскохозяйственной техники : учеб. пособие / А. В. Короткевич. — Минск : Бел. аграр.-техн. ун-т, 1997. — 444 с.
12. *Айвазян, С. А.* Прикладная статистика. Applied statistics: основы моделирования и первичная обработка данных : справ. изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин. — М. : Финансы и статистика, 1983. — 471 с.

Поступила в редакцию 09.09.2021.