

IDENTIFICATION OF "TEKRONE" MATERIAL AND JUSTIFICATION OF ANALOGUES FOR MANUFACTURING MOULDBOARD PLOUGHS

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕРІАЛА «ТЕКРОНЕ» І ОБОСНОВАННЯ АНАЛОГІВ ДЛЯ ІЗГОТОВЛЕННЯ ОТВАЛІВ ЛЕМІШНИХ ПЛУГІВ

д. н. гос. упр., к.т.н., проф. Кобец А.¹, к.т.н., доц. Деркач А.¹, к.т.н., доц. Кабат О.¹, к.т.н., доц. Макаренко Д.¹, д.т.н., проф. Аулин В.², асп. Муранов Е.¹, инж. Шаповал А.³

¹ Инженерно-технологический факультет – Днепровский государственный аграрно-экономический университет, Украина

² Факультет строительства и транспорта – Центральноукраинский национальный технический университет, Украина

³ Общество с ограниченной ответственностью, «Научно-производственное предприятие «Союз-Композит», Украина

e-mail: derkach_dsau@i.ua, flymakd@gmail.com

Abstract: Identification of polymeric material of TEKRONE, that is used for manufacturing mouldboard ploughs, is conducted. Analogues - ultrahigh-molecular polyethylene PE-500 and PE-1000 are founded. Field tests of experimental samples were performed and confirmation of the improvement of the technical and economic indicators of the unit.

KEYWORDS: COMPOSITE MATERIALS, TEKRONE, PLOWING, MOULDBOARD

1. Вступлення

Одной из важных задач технического обеспечения агропромышленного комплекса Украины является улучшение эксплуатационных свойств сельскохозяйственной техники путем повышения надежности. В соответствии с принципами, разработанными Европейской комиссией по ключевым технологиям (European Commission Key Enabling Technologies (KETs)), создание новых материалов является приоритетной и актуальной задачей.

Перспективными материалами в этой отрасли являются полимеры и полимерные композиционные материалы (ПКМ) на их основе [1 - 3]. Благодаря своим уникальным свойствам они нашли широкое применение практически во всех сферах жизнедеятельности человека, и являются "материалами будущего", из которых сегодня получают широкую номенклатуру изделий, начиная с посуды и заканчивая элементами ракет [4, 5].

2. Постановка проблемы

Машиностроение, в том числе сельскохозяйственное, сегодня интенсивно внедряет инновационные решения. Машины и механизмы для обработки почв, оснащаются деталями и узлами из полимеров и ПКМ на их основе, что позволяет повысить их надежность и долговечность, способствует более качественной и слаженной работе и, соответственно, приводит к увеличению количества урожая, и уменьшает его себестоимость. Одними из таких деталей являются отвалы лемешных плугов.

Решением эффективного внедрения ПКМ в сельскохозяйственное машиностроение занимались такие известные ученые как Абрамов Л.М., Буря А.И., Климчук Ю.Ф., Арламова Н.Т., Чигвинцева О.П., Павлов М. М., и многие другие [18-24].

Так, Абрамов Л. исследовал количественные характеристики применения пластмасс в сельскохозяйственном машиностроении и определил устойчивый рост их номенклатуры и удельного веса [18]. Работы Павлова Н.Н. направлены на исследование старения изделий из пластических масс, разработке методик таких исследований и рекомендации по применению конкретных видов пластиков в с.-х. машиностроении [19]. Профессор Буря А.И. провел большой объем научно-прикладных исследований в области ПКМ в Украине, в частности ряд работ посвящен и вторичной переработке пластиков [20]. Получило дальнейшее развития решение проблем применения ПКМ в современном сельскохозяйственном машиностроении в научных работах Деркача А.Д. [21-22]. Показано, что научно обоснованное их применение является эффективным. Результаты исследований, направленных на повышение надежности и долговечности

почвообрабатывающих машин, в том числе с использованием полимерных материалов и технологических мероприятий изложены в трудах профессора Аулина В.В. [23, 24].

Вспашка остается актуальным и важным технологическим мероприятием в современном земледелии, но из-за большой энергоемкости процесса ее экономическая эффективность невысока. Одной из причин высокой энергоемкости вспашки является высокий коэффициент трения почвы и растительных остатков за счет мгновенной конденсации влаги (как правило, почвенной) на рабочей поверхности отвала. Это является основной причиной налипания почвы на рабочие органы. Поэтому дальнейшее решение данной проблемы изменениями конструкций отвалов, изготовленных из металлов, эффекта не дадут. Современные конструкции не в полной мере решают эту проблему, кроме лемешных плугов, оснащенных полимерными отвалами. Такие отвалы изготавливаются зарубежными фирмами и перепродаются некоторыми отечественными под торговой маркой "ТЕКРОНЕ".

Таким образом, можно сделать вывод, что сегодня перед производителями сельскохозяйственной техники Украины возникают вопросы не только повышения технического уровня машин, но скорее вопрос конкуренции с другими производителями.

Внедрение полимерных материалов в конструкцию машин, в данном случае, лемешных плугов, позволит вывести на новый технический уровень плуги и уменьшить энергоемкость технологий, как машиностроения, так и земледелия.

Для решения задач, связанных с разработкой и исследованием свойств новых материалов для изготовления отвала лемешного плуга с соответствующими характеристиками, осуществили ряд экспериментальных исследований и полевых испытаний.

В настоящее время в Украине используются отвалы плугов из ПКМ марки "ТЕКРОНЕ". Они являются надежными и долговечными, при надлежащей эксплуатации могут работать длительный срок и в полном объеме выполнять свои функции. Однако, этот материал производится в Европе и его природа не известна отечественным машиностроителям. Одним из сдерживающих фактором этих изделий является также их стоимость.

Поэтому актуальной задачей является определение группы полимеров, к которым относится "ТЕКРОНЕ", обоснование аналогов и экспериментальные полевые испытания новых отвалов. Предусматривается, что их стоимость будет ниже настоящей.

Цель работы – определение природы полимера "ТЕКРОНЕ" и обоснование уровня эффективности применения ПКМ отвалов в земледелии.

3. Методы исследований

Определение природы полимера (принадлежность к термопластов или реактопластов). Метод основан на визуальном наблюдении за поведением образца при помещении его в верхнюю часть пламени.

Содержание неорганических наполнителей в опытных образцах из ПКМ марки "TEKRONE" устанавливали методом пиролизического разложения при обработке их в муфельной печи при нагревании до температуры 1000 °С (скорость нагрева 5 °С в минуту). После проведения пиролизического разложения находят процент неорганического наполнителя по массе в ПКМ.

Исследование плотности образцов проводили методом гидростатического взвешивания в водной среде согласно ГОСТ 15139-69.

Температура размягчения по Вика определяется на приборе ПТВ-И-II Ж в жидкостной среде согласно ГОСТ 15088-83.

Исследование предела текучести при сжатии осуществляли на испытательной машине FP-100/1, согласно ГОСТ 4651-82.

Полевые испытания проводили в соответствии с [25], с последующей обработкой полученных данных в соответствии с СТ СЭВ 545-77.

4. Решение проблемы

Установлено, что при нагревании над открытым пламенем наблюдается размягчение полимера с последующим плавлением. Обугливание, деструкция в твердом состоянии - отсутствует. Такое поведение характерно для термопластичных полимеров. Поэтому, материал "TEKRONE" относится к термопластам.

Определено, что после пиролизического разложения сухой остаток составляет 0,5 ... 0,7 % масс. от начального веса образца. То есть, содержание неорганического наполнителя в полимере составляет 0,5 ... 0,7% масс. В большинстве ПКМ такое содержание наполнителя свидетельствует о том, что он выполняет роль пигмента (красителя), который вводится в полимер для регулировки цветовой гаммы (в данном случае цвет образцов - черный).

Плотность ПКМ "TEKRONE" составляет 954 кг / м³. Значение этого параметра совпадает с пределами плотности высокомолекулярных полиэтиленов, которая находится в пределах от 910 до 980 кг / м³.

Напряжение предела прочности при сжатии исследуемых образцов ПКМ марки "TEKRONE" составляет 17,9 МПа, что близко к значениям полиэтилена (14,8-17,0 МПа).

Исходя из проведенных исследований, в качестве аналога ПКМ марки "TEKRONE", необходимо выбирать материалы на основе полиэтилена, которые присутствуют на рынке Украины. Достаточно распространенным материалом, импортируемого многими компаниями (в том числе, возможно и продавцами пластиковых отвалов) являются полиэтилены PE 500 и PE 1000 Сравнительные свойства полиэтиленов и TEKRONE (табл. 1) показывают на близкую аналогию всех исследуемых свойств.

Экспериментальные отвалы изготавливали из листов толщиной 12 мм полимерных материалов PE-500 и PE-1000. В дальнейшем их нагревали до температуры 120 °С и изгибали в металлической матрице, с последующим охлаждением до температуры окружающей среды.

Таблица 1: Физико-механические, теплофизические свойства «TEKRONE» и полиэтиленов марок PE 500 и PE 1000

№ п.п	Параметр	Марка полимера		
		PE 500	PE 1000	TEKRONE
1	Плотность, кг/м ³	960	930	954
2	Предел текучести при сжатии, МПа	24	19	17,9
3	Теплостойкость по Вика, °С	80	80	95

Полевым испытаниям подвергались экспериментальные отвалы из материалов в следующем порядке: PE-500 - 2 единицы, PE-1000 - 1 единица и были установлены на серийный плуг ПЛН-3-35 в агрегате с трактором МТЗ-80.1.

Уже при установке выявлено преимущество экспериментальных отвалов, которое состояло в том, что в зависимости от условий эксплуатации, эластичность отвалов позволяла изменять угол их наклона распорками (рис. 1), что обеспечивало стабильно качественную обработку.



Рисунок 1 – Плуг, укомплектованный экспериментальными отвалами.

Агрофон – стерня ранних зерновых колосовых (пшеница озимая), глубина обработки - 25 ... 27 см. Стресс-глубина – 32 см (кратковременно).

Эксплуатация агрегата проходила в штатном режиме, рабочая скорость - 8 ... 9 км / ч. В качестве эксперимента на отдельных участках выполнялась вспашка на повышенных скоростях - до 10 ... 11 км / ч. При этом качество вспашки улучшалось.

Экспериментальным агрегатом была выполнена вспашка на площади 63,8 га.

В течение всего периода испытаний отказов, отклонений от агротехники, других осложнений, вызванных экспериментальными изделиями, не было. После первых проходов была отмечена инертность полимерных отвалов к почве – ее налипание отсутствует (рис. 2). В процессе дальнейших испытаний очистка отвалов от почвы и растительных остатков не проводилась из-за их отсутствия. Как следствие - оперативное время агрегата в работе возросло.



Рисунок 2 – Первый проход агрегата, укомплектованного экспериментальными изделиями.

Для сравнения эксплуатационных показателей экспериментального агрегата с серийным, проводились замеры расхода топлива и производительности при глубине обработки: 25 см; 27 см и 30 см. Площадь в каждом случае составляла 1 га. Расход топлива контролировали методом полного залива в бак. Производительность контролировали методом хронометража с помощью секундомера механического Sprinter.

Полученные результаты (табл. 2) свидетельствуют о повышении эффективности использования пахотных агрегатов, оборудованных экспериментальными отвалами.

Таблица 2: Результаты сравнительных параметров работы агрегатов

Глубина обработки, см	Расход топлива, л		Часовая производительность, га	
	экспериментальный	серийный	экспериментальный	серийный
25 ± 0,5	17,5*	19,6	0,64	0,51
27 ± 0,5	19,0	20,8	0,49	0,36
30 ± 0,5	21,0	23,0	0,38	0,33

* - точность округления до 0,5 л

При использовании экспериментального пахотного агрегата, уменьшен расход топлива на 8,6 ... 10,7 % с одновременным увеличением производительности до 36%.

При этом не стоит забывать, что высокие эксплуатационные показатели будут оправданы лишь при условии соблюдения высоких агротехнических показателей. Поэтому были проведены контрольные измерения качественных показателей агротехники вспашки экспериментальным агрегатом.

Во время контрольных измерений было отмечено измельчение и разрыхление почвы в пределах нормы (рис. 3), качественная заделка растительных остатков, стабильность глубины обработки и движения трактора в борозде.

По существующей градации нормативных качественных агротехнических показателей, весь объем работ соответствует оценке «отлично» (табл. 3).

Таблица 3: Контроль качества работы плуга

Показатель	Метод контроля	Градация нормативов	Баллы*
Отклонение глубины от заданной	20 замеров линейкой по диагонали загонки	± 1 см - факт	4
		±1,5 см	3
		±2 см	2
		Больше 2 см	0
Гребнистость поверхности поля	Наложение рейки 2,5 м поперек вспашки и замеры линейкой 10 раз глубины бороздок между гребнями	5...7 см и менее - факт	2
		7 ... 10 см	1
		Больше 10 см	0
Глубина заделки пожнивных остатков	Раскапывание лопатой профиля вспашки на 2 - 3 корпуса в трех местах и замер линейкой глубины до верхней части стеблей	Больше 16 см	5
		Больше 12 см (98 % остатков) - факт	4
		Больше 8 см	3
		Меньше 8 см	2
Высота свальных гребней, развалных борозд	Замер глубины борозд и высоты гребней рейкой 2,5 м и линейкой в 6 - 10 местах.	До 6 см - норматив.	2
		5 см - факт	0
		Больше 6 см	0

* 9...8 баллов – «отлично», 7...5 – «хорошо», 4 – «удовлетворительно», менее 4 баллов – «неудовлетворительно»

В табл. 3 жирным шрифтом выделены фактические показатели вспашки, а обычным – градация нормативов. В итоге определена фактическая оценка агротехники – 12 баллов – «отлично».

5. Заключение

1. Показано, что полимерно-композитный материал под торговой маркой ТЕКРОНЕ по своим свойствам соответствует

материалам на основе высокомолекулярных полиэтиленов. Определено, что ближайшие по свойствам являются полиэтилены марки PE-500 и PE-1000. Разработана технология получения экспериментальных отвалов из материалов PE-500 и PE-1000.

2. После наработки 63,8 га, агрегата с экспериментальными отвалами, визуальный осмотр и диагностика технического состояния отвалов плугов показали отсутствие видимых признаков их износа, все параметры находятся в номинальных пределах, экспериментальные отвалы пригодны к дальнейшей эксплуатации.

3. Уменьшен расход топлива не менее, чем на 2 л / га с одновременным увеличением производительности агрегата МТЗ-80.1 + ПЛН-3-35PE на 36 %.

4. Зафиксировано отсутствие налипания почвы на экспериментальных отвалах, что способствует не только повышению качества вспашки, но и уменьшает сопротивление движению агрегата.

5. Проведенные научные исследования и полученные результаты свидетельствует о целесообразности использования разработанного продукта для изготовления отвалов лемешных плугов из высокомолекулярных полиэтиленов марки PE-500 и (или) PE-1000.



Рисунок 3 – Типичный агрофон после прохода агрегата по сравнению с размерами спичечного коробка.

6. Литература

1. Ashby M.F., Jones D.R.H. Engineering materials 1. An introduction to their properties and applications. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2002. 306 p.
2. Kabat O., Sytar V., Sukhyu K. Antifrictional polymer composites based on aromatic polyamide and carbon black. Chemistry & Chemical Technology. 2018; 12 (in press).
3. Klymenko A., Sytar V., Kolesnyk Ie. Adhesion of poly(m-, p-phenylene isophthalamide) coatings to metal substrates. Progress in Organic Coatings, 2014, vol. 77, 11, pp. 1597-1602. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2014.04.028>;
4. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. Научные основы и технологии, Санкт-Петербург, 2013. 720 с.
5. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин. МАДИ, Москва, 2016. 254 с.].
6. Персональный сайт вкладача Подольчука Володимира Васильовича. Электронный ресурс. Режим доступа: http://podolyanchuk.ucoz.ua/load/agrotekhnologija/materiali_dlja_uchniv/agrotekhnichni_vimogi_do_vikonannja_oranki_tekhnologija_vikonannja_oranki_runtiv/20-1-0-96.
7. Надикто В.Т. Оранка: міфи та реалії. Агробізнес сьогодні. Электронный ресурс. Режим доступа від 28.12.2018: <http://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html>.

8. В.П. Горячкин. Теория плуга. Основания для систематического расчета плугов. М.: АО «Промиздат», 1927. – 214 с.
9. Теслюк Г.В., Кузьменко О.Ф. Машини для обробітку ґрунту: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт /Дніпропетр. держ. агр ун-т. Дніпропетровськ, 2013. -38с.
10. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві [Ільченко В.Ю., Бутенко В.Г. та ін.]: Навчальний посібник / За ред. А.С. Кобця. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. – 288 с.
11. Градиський, Ю.О. Конструкція плугів загального призначення. [Градиський Ю.О., Літовка С.В.]. Мет. рекомен. та завдання щодо виконання самостійної роботи студентів денної та заочної форми навчання технічних спеціальностей. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – 31 с.
12. Роспатент. [Електронний ресурс]. Режим доступу від 03.01.2019: <http://www.findpatent.ru/patent/242/2426290.html>
13. Роспатент. [Електронний ресурс]. Режим доступу від 03.01.2019: <http://www.findpatent.ru/patent/247/2479970.html>
14. Сільськогосподарська техніка KUHN. [Електронний ресурс]. Режим доступу від 03.01.2019: <http://www.kuhn.ru/ru/range/ploughing/mounted-reversible-ploughs.html>
15. Філія АТ «Промарматура» «Агротехсервіс». [Електронний ресурс]. Режим доступу від 03.01.2019: <http://www.agroservice.dp.ua/>
16. <http://www.iqcomposite.com/products/otval-pluga-pln/>
17. Прейсман В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники: Монография. / Прейсман В.И. – М.: Выща школа, 1988. – 247с., с. 17-18.
18. Абрамов С.К., Рассохин Г.И., Климчук Ю.Ф. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении. М.: Агропромиздат, 1986г., с.3-5.
19. Павлов Н.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях. М.: Химия, 1982, с. 220.
20. Буря А.И., Деркач А.Д., Свириденко А.И. Влияние вторичной переработки на ударную вязкость углепластиков на основе полиамида-6. Тезисы докладов IV междунар. научно-техн. конф. “Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов”, Гродно 2000.
21. Деркач, О.Д. Проблеми впровадження окремих груп полімерних композитів у конструкцію сільськогосподарської техніки. [текст]: Зб. тез допов. II Всеукр. Наук. Конф. «Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів ТАСХ-2018», Дніпро, 10 квітня, 2018 р., с. 16-17.
22. Деркач, О.Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: Дис.. канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль, 2006. – 182 с.
23. Аулін В.В., Тихий А.А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами: Монографія – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2017. – 279 с.
24. Aulin V.V. Chernovol M.I., Pankov A.O., Zamota T.M., Panayotov K.K. Sowing machines and systems based on the elements of fluidics / INMATEH – Agricultural Engineering, vol. 53, no.3 / 2017. – P. 21-28.
25. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.4, 1996. – 655с.