

4. Качинский, Н. А. Физика почвы: в 2 ч. / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – Ч. 1. – 324 с.; 1970. – Ч. 2. – 358 с.
5. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Почвоведение: учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. – Ч. 1: Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина [и др.]. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.
7. Алтыбаев, А. Н. Об информатизации процессов энергообеспечения сельского хозяйства / А. Н. Алтыбаев // Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых, Астана, Казахстан, 19–20 июня 2017 г. – Алматы, 2017. – Т. 2. – С. 149–151.
8. Алтыбаев, А. Н. Системная интеграция знаний – научная основа создания базы данных / А. Н. Алтыбаев // Известия вузов Кыргызстана. – Бишкек, 2017. – № 5. – Ч. 1. – С. 36–38.
9. Ветохин, В. И. Систематизация свойств почвы как элемент теории проектирования почвообрабатывающих орудий и технологий / В. И. Ветохин // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – Вип. 13 (27). – Кн. 2. – С. 30–38.
10. Бартини, Р. О. О множественности геометрий и множественности физик / Р. О. Бартини, П. Г. Кузнецов // Проблемы и особенности современной научной методологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский научный центр, 1979. – С. 54–65.
11. Способ обработки почвы при возделывании пропашных культур: пат. 2044433 РФ, МКИ А 01 В 79/00, 79/02 / А. М. Малиенко, В. И. Ветохин, И. М. Голодный; заявитель В. И. Ветохин. – № 93009904/15; заявл. 19.02.93; опубл. 27.09.95. // Изобретения. Полезные модели / Официальный бюллетень ФГУ ФИПС. – 1995. – № 27.

УДК 631.33

Поступил в редакцию 22.08.2017  
Received 22.08.2017

**А. Д. Деркач<sup>1</sup>**, к. т. н., доц., **Д. А. Макаренко<sup>1</sup>**, аспирант, **А. Н. Шаповал<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина

<sup>2</sup>Общество с ограниченной ответственностью «Союз-Композит», г. Днепр, Украина

e-mail: [derkach\\_dsau@i.ua](mailto:derkach_dsau@i.ua); [fly-makd@yandex.ua](mailto:fly-makd@yandex.ua)

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОВЫШЕННОЙ КОРРЕКТНОСТИ КОПИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ**

Разработана и внедрена система повышенной корректности копирования почвы для посевных машин, которая позволила повысить темп работ на 10 % и уменьшить затраты на их обслуживание на 25 %.

*Ключевые слова:* посевные машины, элементы, параллелограмм, копирующий механизм.

**A. D. Derkach<sup>1</sup>, D. A. Makarenko<sup>1</sup>, A. N. Shapoval<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dnipropetrovsk state agrarian and economic university, Dnepr, Ukraine

<sup>2</sup>Society with limited liability «Soyuz-Composite», Dnepr, Ukraine

e-mail: [derkach\\_dsau@i.ua](mailto:derkach_dsau@i.ua); [fly-makd@yandex.ua](mailto:fly-makd@yandex.ua)

## **THE DEVELOPMENT OF THE INCREASED CORRECTNESS SYSTEM OF COPYING OF A SURFACE OF THE SOIL**

The system of the increased correctness of copying of the soil for sowing machines is developed and introduced, which has allowed to increase the rate of works by 10 % and to reduce costs of their service by 25 %.

*Keywords:* sowing machines, elements, parallelogram, the copying mechanism

### **Актуальность**

Украина – одна из самых больших аграрных стран Европы и мира. И приоритетное задание государства – гарантировать продовольственную безопасность, сегодня в нашей стране выполнено.

Анализ технологий и технических средств, задействованных в выращивании ранних зерновых колосовых культур, показал, что одним из сдерживающих и малоисследованных факторов в повышении урожайности и качества зерна является наличие разновозрастных культур в одном хлебостое (12...27 %). Причина получения таких хлебостоев кроется не только в нарушении агротехнологий, но и в несовершенстве конструкций современных посевных машин и комплексов.

### Постановка проблемы

Одним из неисследованных и неиспользованных резервов технологичности конструкций посевных машин является значительное повышение равномерности высева семян. Для контроля глубины посева созданы системы копирования поверхности почвы, так называемые пантографы, или параллелограммные системы. Такие системы нуждаются в постоянном мониторинге технического состояния и обслуживании. Как следствие, 10 % времени посевные машины простаивают во время выполнения плановых мероприятий технического обслуживания (ТО).

Анализ конструкций показал, что на нынешнем уровне технического развития ни отечественные (в частности, ПАТ «Ельворти», ООО «Велес-Агро»), ни зарубежные производители высокотехнологичных сельскохозяйственных машин (John Deere, Gaspardo, Kinze) не применяли принцип построения и производства систем копирования поверхности почвы, которые не нужны в ТО (таблица 1).

Исходя из приведенных данных (таблица 1), можно утверждать, что предложенные производителями системы ТО современных посевных машин являются трудоемкими. Основной причиной этого является применение в шарнирных соединениях посевных машин металлических пар трения типа «вал-втулка». Такие конструкции способны выдерживать значительные нагрузки, но при условии интенсивной смазки пластичными материалами.

**Таблица 1. – Количество подвижных соединений в конструкциях посевных машин, которые требуют ТО во время эксплуатации, и его периодичность**

Производитель посевной техники	Марка машины	Рабочая ширина захвата, м	Количество точек обслуживания с периодичностью		
			8–12 ч	15–25 ч	40–50 ч
Great Plains	3S-4010 HD (HDF)	12	94 (115)	9	7
Great Plains	3S-4000 HD	12	22	6	14
Great Plains	Yield-Pro YP2425A-2470	16,8	82	48	68
Great Plains	Centurion CDA600	6	–	–	68
Horsch	Pronto 7/8/9 DC (8 DC PPF)	7,5/8/9 (8)	24	–	29 (27)
Horsch	Maestro 12/24SW	8,4/16,8	–	–	79/127
«Агро-Союз»	«Агро-Союз» Turbosem II 19-60				183
John Deere	Deere Bauer 44/58/60	16,8/22,4/25,2	72/96/108	72/96/108	48/64/72
John Deere	JD 1710/1740	8,4	36	36	24
Amity Technology	Till Drill 4010	12,2	68	–	18
Amity Technology	Till Drill 6015	18,3	100	–	36
Vaderstad	Rapid RDA 600J(800J)	6 (8)	–	–	85 (101)
Vaderstad	Spirit ST 600C(800C)	6 (8)	–	–	66 (500 за)

Невыполнение требований системы ТО приводит к быстрому износу, заклиниванию и выходу из строя подвижных элементов посевной техники, что делает невозможным проведение сева в соответствии с агротехническими требованиями.

Поэтому целью работы является разработка системы повышенной корректности копирования поверхности почвы (СПККПП).

### Решение проблемы

Одним из эффективных решений вышеупомянутой проблемы является создание трибосистем, которые не нуждаются в ТО или имеют значительно большую периодичность обслуживания. В них применяются композиционные пластики конструкционного назначения [1, 2].

Проблема разработки и внедрения новых конструкционных пластиков в сельскохозяйственном машиностроении исследовалась многими учеными, в частности Л. М. Абрамовым, А. И. Бурей, Л. М. Крейдлиным, Ю. Ф. Климчуком, И. А. Цурпалом, М. Murgas [3–7] и другими. Исследовались процессы старения пластиков [8] и методы их термообработки [9].

Для решения задач, связанных с разработкой и исследованием свойств новых композиционных материалов (КМ) в подвижных соединениях посевных машин, необходимо проводить полный спектр работ, а именно: теоретические расчеты, стендовые (лабораторные) исследования, корректировки свойств КМ (при необходимости) и производственные испытания.

На основе проведенных расчетов [10, 11] определены реакции и нагрузки, которые возникают в узлах трения механизма копирования поверхности почвы посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60.

### Оборудование и методики исследований

Для трибологических исследований материалов использовали машину СМЦ-2 по схеме трения «диск-колодка». Температуру в зоне контакта измеряли электронной термпарой Termometer 301 Type K.

Исследования образцов на относительную абразивную стойкость проводили согласно ГОСТ 23.208–79 на специально подготовленном лабораторном оборудовании на базе машины трения СМЦ-2.

Исследования влагопоглощения выполняли согласно ГОСТ 4650–80.

Термическую обработку готовых деталей из углепластиков, для уменьшения влагопоглощения, выполняли по собственной методике [14].

### Результаты работы

В межфакультетской проблемной научно-исследовательской лаборатории технического сервиса машин Днепропетровского государственного аграрно-экономического университета (ДДАЭУ) накоплен значительный опыт создания и всестороннего исследования новых композитных материалов неметаллического происхождения [12] (таблица 2).

**Таблица 2. – Основные свойства некоторых композитов, разработанных в ДДАЭУ, и стали 20**

Параметр	Название материала и значение		
	СКММ-40Н	СКММ -30М	Сталь 20
Плотность, $г/см^3$	1,14	1,2	7,8
Ударная вязкость, $кДж/м^2$	35	39	140
Предел прочности при сдвливании, $МПа$	166	128–148	410
Коэффициент трения:			
– трение без смазки	0,16–0,24	0,18–0,26	0,75–0,8
– при смазке водой	0,02–0,03	0,06–0,08	–
– при смазке маслом	0,01	0,018–0,03	0,16–0,2
Способность к рециклингу (повторной переработке)	Способны		Неспособна

Разработанные материалы обладают уникальными свойствами (см. таблицу 2) в сравнении с традиционными металлами: высокими температуро- и износостойкостью, низкими коэффициентами трения и удельным весом (в 5 раз меньшим в сравнении со сталями). Кроме того, материалы выделяются значительной коррозионной стойкостью, неспособностью к повреждению металлических смежных деталей. Как видно из таблицы 2, использование стали в данных узлах является неэффективным по сравнению с предложенным материалом из-за неоправданно больших характеристик прочности и высоких коэффициентов трения.

Разработана и внедрена технология модернизации узлов подвижных соединений посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60 углепластиковыми на основе алифатических полиамидов (ПА), что позволило уменьшить затраты труда при техническом обслуживании до 25 %

и повысить темп работ до 10 % при качественном выполнении всех агротехнических требований и регламентов [13]. После наработки 9179,5 га посевной комплекс установлен на долговременное хранение на площадке под открытым небом.

При снятии с хранения зазоры в узлах трения были меньше номинальных, что связано с изменением геометрических размеров деталей из углепластиков под действием влаги. Поэтому разработан метод термической обработки готовых деталей [14], что позволяет уменьшить влагопоглощение КМ на 40 % в сравнении с эталоном.

Оптимизирована система допусков и посадок для созданной СПККПП, что позволяет повысить надежность системы в расчете на объем работ до 18–19 тыс. га.

В подвижных соединениях сельскохозяйственных машин, как правило, работают трибосистемы в условиях ограниченной смазки, сухого трения (без смазки) и при наличии абразива. Для определения относительной абразивной стойкости распространенных КМ исследовали шесть марок высокомолекулярных соединений, которые применяются украинскими производителями сельскохозяйственных машин. Образцы изготовлены в соответствии с режимами, приведенными в таблице 3.

Таблица 3. – Режим подготовки материала и изготовления образцов

№ п/п	Название материала	Подготовка материала (режим сушки)		Режим изготовления	
		T, °C	t, год	T, °C	P, МПа
1	Nylon 66	80	3	260–265	12
2	ПА-6-210КС	80	3	250–260	12
3	PA6/6.6 R196-GF30 (rainforced 30 % glass fiber, Black 91410) пр-ва Almaak	80	3	250–260	12
4	Kocetal GF705 пр-ва KOLON PLASTICS	–	–	160–170	12
5	Kocetal K300 пр-ва KOLON PLASTICS	–	–	160–170	12
6	УПА6-30	80	3	250–260	12

В результате лабораторных исследований установлено, что наивысшую износостойкость среди приведенных образцов имеют № 2 и 3 (группа полиамидов), в которых данный показатель более высок соответственно на 2,2 и 9,7 %, чем в № 1 (Nylon 66), и на 22,5 % выше соответствующего показателя наихудшего по значению образца № 4 (Kocetal GF705).

Следовательно, образцы № 2 и 3, по результатам лабораторных исследований, обладают максимальной износостойкостью из предложенных вариантов.

Не рекомендуется применять в качестве абразивостойких материалов образцы группы Kocetal.

Полевые испытания проводились в пос. Майское Днепропетровской области на территории АОЗТ «Агро-Союз». Посевным комплексом «Агро-Союз» Turbosem II 19-60, укомплектованным экспериментальными сошниками, за период с апреля в 2014 г. по октябрь в 2016 г. выполнен объем работы 17521 га.

### Выводы

Разработаны композиционные материалы неметаллического происхождения, которые обладают уникальными свойствами в сравнении с традиционными металлами: высокими температуро- и износостойкостью, низким коэффициентом трения 0,16...0,26 (0,75...0,8 для стали 20) и удельным весом, в 5 раз меньшим в сравнении со сталями.

Обеспечена стабильная работа подвижных соединений машин и механизмов, которые работают в условиях трения без смазки и при незначительном количестве абразива, путем применения полимерных композитов типа УПА-6-30(40), модифицированных в ДДАЭУ, которые при нагрузке  $P = 0,5 \text{ МПа}$  и скорости скольжения  $V = 0,785 \text{ м/с}$  обеспечивают минимальный коэффициент трения ( $f_{TP} = 0,16$ ) и температуру в зоне трения ( $T = 44^\circ \text{ C}$ ).

Разработана и внедрена технология модернизации узлов подвижных соединений посевного комплекса «Агро-Союз» Turbosem II 19-60 углепластиковыми на основе алифатических полиами-

дов. Применение модифицированных нами КМ в конструкциях СПККПП позволило повысить темп работ на 10 %, обеспечить укладку семян с точностью  $\pm 0,5$  см от установленной глубины, уменьшить затраты на обслуживание на 25 %. Как следствие, количество однолетних растений выросло в среднем с 73...85 % до 88...92 %. Это обеспечило стойкое повышение урожайности, например, пшеницы озимой на 0,3...0,6 т/га на разных агрофонах и севооборотах.

Разработанные мероприятия, методики и технологии могут быть адаптированы для любой сельскохозяйственной машины с системой копирования поверхности почвы типа «пантограф», или «параллелограмм».

## Литература

1. Деркач, О. Д. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів: наукові рекомендації / О. Д. Деркач, О. І. Буря. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 71 с.
2. Деркач, О. Д. Обґрунтування параметрів обертових елементів робочих органів зернозбиральних комбайнів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / О. Д. Деркач; Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2006. – 20 с.
3. Абрамов, Л. М. Состояние и перспективы применения и изготовления пластмассовых деталей тракторов и сельхозмашин / Л. М. Абрамов, Л. М. Крейдлин, Ю. Ф. Климчук // Применение полимерных материалов в сельскохозяйственных машинах: тез. докл. всесоюз. научн.-техн. семинара. – Ростов н/Д, 1980. – Ч. I. – С. 4–7.
4. Абрамов, С. К. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении: монография / С. К. Абрамов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 225 с.
5. Цурпал, И. А. Перспективы снижения металлоемкости и повышения надежности сельскохозяйственной техники / И. А. Цурпал // Научно-технический прогресс в машиностроении. – М.: МЦНТИ, 1987. – Вып. 1: Композиц. материалы. – С. 18–32.
6. Murgas, M. Износостойкие материалы для сельскохозяйственного машиностроения / M. Murgas // Mech. Zemed. – 1990. – Vol. 40, № 10. – P. 451–453.
7. Burya, A. I. Tribological characteristics of carbon plastics on the basis of polyamide / A. I. Burya, A. A. Burya, S. A. Cherepov, T. I. Rybak. // Journal of the Balkan Tribological Association. – 1996. – Vol. 2, No 3. – С. 153–160.
8. Павлов, Н. Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях: монография / Н. Н. Павлов. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
9. Кестельман, Н. Я. Термическая обработка полимерных материалов в машиностроении / Н. Я. Кестельман. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 266.
10. Деркач, О. Д. До питання створення широкозахватних посівних комплексів з підвищеним ресурсом рухомих з'єднань / О. Д. Деркач, М. М. Науменко, Д. О. Макаренко [та ін.]. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2015. – № 159. – С. 186–193.
11. Науменко, М. М. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях / М. М. Науменко, О. Д. Деркач, Д. О. Макаренко. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2017. – № 181. – С. 267–274.
12. Деркач, О. Д. До питання технологічності отримання деталей з полімерних композитів для посівної техніки / О. Д. Деркач, В. В. Артемчук, Є. С. Муранов. – Х: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2017. – № 181. – С. 157–166.
13. Derkach, A. The use of carbon plastics in wide-sowing machines / A. Derkach, D. Makarenko, N. Naumenko // Agricultural machinery [Електронний ресурс]. – 2015. – V. 1. – P. 82–85. – Режим доступа: <http://www.agrimachinery.net/proceedings.html>. – Дата доступа: 10.07.2017.
14. Кобець, А. С. Decreasing the enigation influence on composite materials / А. С. Кобець, А. Д. Деркач, Д. А. Макаренко [та ін.]. – Scientific Technical Union of Mechanical Engineering, Year XXIV. ISSUE 16 (202), Varna, Bulgaria, June 2016. – P. 13–16.