

О.Буря¹, канд. техн. наук; О.Деркач¹; Т.Рибак², докт. техн. наук

¹*Дніпропетровський державний аграрний університет*

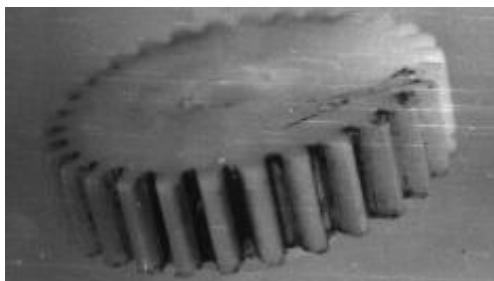
²*Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя*

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДЕТАЛЕЙ У РУХОМИХ З'ЄДНАННЯХ ЗАРУБІЖНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

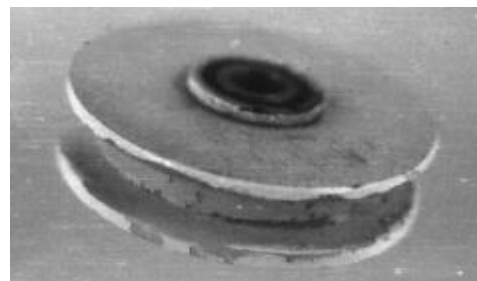
На основі досліджень деталей рухомих з'єднань, що застосовуються в серійних зернозбиральних комбайнах, обґрунтовано застосування рухомих з'єднань, виконаних з композиційних матеріалів – вуглепластиків (ВП). Підтверджено добру працездатність вуглепластиків, а також доцільність їх застосування у вузлах тертя, що працюють в умовах абразивного середовища.

Вступ. Застосування полімерних матеріалів (ПМ) у вітчизняних зернозбиральних комбайнах (КЗС-9 “Славутич”, КЗС-1500 “Лан”) сьогодні ще дуже обмежене і не відповідає вимогам часу. Ці матеріали використовуються, в основному, для виготовлення декоративних допоміжних та малонавантажених збірних одиниць, а також для деталей загального призначення. В таких умовах говорити про особливі принципи відбору, конструювання та випробовування деталей із ПМ передчасно. Наприклад, випробування таких деталей зводяться до звичайної перевірки їх працездатності в складі збірної одиниці в процесі випробувань комбайна або до спрощеної перевірки статичної міцності, що виходить із вимог техніки безпеки та (або) умов забезпечення функціонального призначення [1]. В опублікованих раніше роботах [2,3] ми розглядали деякі деталі рухомих з'єднань в зарубіжних зернозбиральних комбайнах з метою їх ідентифікації, а також для визначення аналогів, що випускаються вітчизняною промисловістю або створення нових ПМ. Продовжуючи дану тему, розглянемо ще ряд деталей, виготовлених з ПМ, які використовуються в селекційних зернозбиральних комбайнах “Нерсері Мастер” (Австрія).

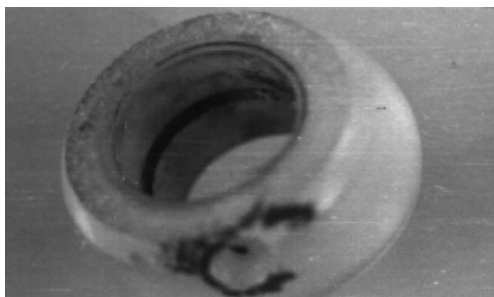
Всі деталі, що розглядаються, за функціональним призначенням належать до деталей рухомих з'єднань та мають білий колір (рис.1).



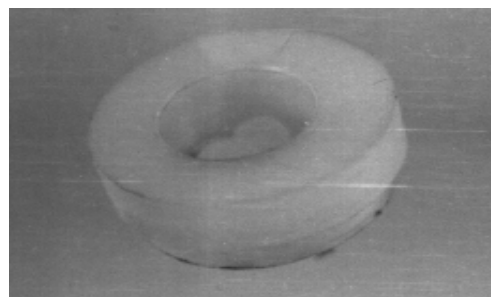
а



б



в



г

Рис.1. Загальний вигляд деталей: а – шестерня приводу верхнього кронштейна;
б – натяжний ролик-ексцентрик мотовила;
в – підшипник мотовила; г – втулка нижнього вала транспортера

Методики досліджень. Оптичні дослідження здійснювались за допомогою мікроскопа МБИ-6, при збільшенні $\times 450$.

Дослідження будови матеріалів здійснювали на рентгенівському дифрактометрі ДРОН-2,0 в мідному випромінюванні з нікелевим фільтром. Якісний рентгенівський аналіз полягав в ідентифікації речовин за їх рентгенівськими дифракційними кривими. Набір експериментально одержаних максимумів на дифракційних кривих описували двома характеристиками: кутом розсіювання 2θ та відносною інтенсивністю. Кут розсіювання визначали безпосередньо з експерименту. Інтегральну інтенсивність розсіювання рентгенівського випромінювання (I) орієнтовно ототожнювали з площею (S) під кривою розсіювання за різницею інтенсивності фону, беручи до уваги, що $I \sim S$. Інтенсивності максимумів на дифракційних кривих порівнювали з літературними даними про структуру полімерів. [4].

Диференційно-термічний (ДТА) і термогравіметричний (ТГ) аналізи проводили на дериватографі системи Ф.Паулік, Й.Паулік, Л.Ердей типу МОМ при швидкості нагрівання $5^\circ\text{C}/\text{хв}$, в атмосфері повітря, з використанням керамічного тигля і дрібноподрібненої наважки (100мг) досліджуваного матеріалу.

ІЧ-спектральний аналіз здійснювали на спектрофотометрі UR-20, призначеному для реєстрації спектрів поглинання та відбивання різноманітних речовин та вимірювання коефіцієнтів пропускання у спектральному діапазоні $4200 \dots 400 \text{ см}^{-1}$. Підготовку зразків для дослідження проводили методом суспендування речовини в таблетці броміду калію: близько 1 мг зразка розтирали в 300 мг KBr і потім піддавали значному стисканню в металічній формі. Реєстрацію спектрів проводили пером на паперовому бланку, каліброваному за коефіцієнтами пропускання у відсотках та за хвильовими числами в обернених сантиметрах.

Експериментальна частина. В процесі оптичних досліджень встановлено, що всі деталі мають однакову однорідну структуру. Дифрактограми досліджуваних матеріалів також ідентичні між собою. Для прикладу на рис. 2 представлена дифрактограма та мікроструктура шестерні приводу верхнього кронштейна. Згідно з [5, 6], максимумами інтенсивності, що спостерігаються при $2\theta = 19,8^\circ$ і $21,3^\circ$ належать до α -модифікації поліаміду 6.

Результати ДТА та ТГ досліджень цих матеріалів (табл.1) дозволили встановити, що всі досліджувані деталі мають однакову стійкість до термоокислювальної деструкції. Температура плавлення досліджуваних деталей відповідає температурі плавлення промислових зразків поліаміду-6 [7]. Те, що матеріали, які вивчались, належать до класу поліамідів, підтверджується ще й тим, що всі деталі мають теплостійкість T_B , характерну для цього поліаміду.

Таблиця 1

Результати ДТГ, ДТА і ТГ аналізів та теплостійкість деталей рухомих з'єднань

№ п/п	Найменування деталей	$T_{\text{макс}}$	T_5	T_{50}	$T_{\text{пл}}$	$T_{\text{енд}}$	T_B
1	Шестерня приводу верхнього транспортера	725	640	720	490	750	473
2	Натяжний ролик-ексцентрик мотовила	725	645	720	480	740	463
3	Підшипник мотовила	725	645	720	485	750	473
4	Втулка нижнього вала транспортера	720	645	720	482	750	463

Примітка: $T_{\text{макс}}$ - температура, при якій спостерігається максимальна швидкість розкладання полімеру, К;

T_5 та T_{50} - температура, при якій втрачається відповідно 5 і 50% маси;

$T_{\text{пл}}$ і $T_{\text{енд}}$ - температури, відповідно: першого ендотермічного піку, що відповідає плавленню полімеру і ендотермічного піку, який відповідає повній деструкції матеріалу, К;

T_B - теплостійкість по Віка, К.

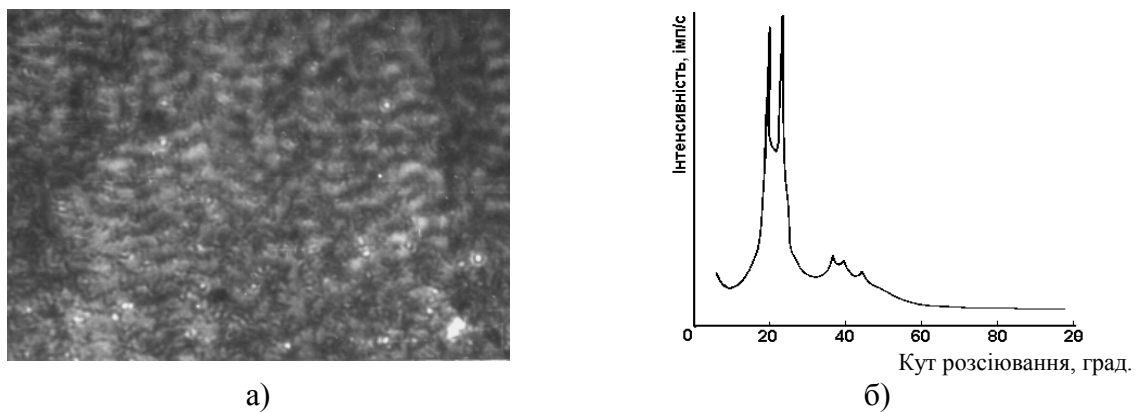


Рис.2. Мікроструктура (а) та дифрактограма (б) шестерні приводу верхнього кронштейна.

Щодо ІЧ-спектрів матеріалів, з яких виготовлені деталі (рис.3), то виявилось, що смуги, що спостерігаються при 1645см^{-1} (Амід І) та 1550см^{-1} (Амід ІІ), характерні для трансамідних груп. Смуга Амід ІІ є складовою, в неї вносять вклад коливання різних груп: NH - деформаційні, CN і CO - валентні. Область $1300 - 1500\text{см}^{-1}$ - коливання смуги Амід ІІІ, пов'язані з формою вуглецевого скелету. Смуга 1198см^{-1} може бути віднесена до коливань амідної групи в транс-конформації, що існує в нормальній майже плоскій конформації ланцюга в α -формі. Смуга 1125см^{-1} відноситься до деформаційних коливань зв'язків C-C. Коливанням CH_2 відповідає смуга 837см^{-1} . Смуга 521см^{-1} може бути віднесена до зовнішньоплощинного деформаційного коливання групи CO.

Отже, на основі ІЧ-спектрального аналізу можна зробити висновок, що всі матеріали, що розглядаються, складаються з α -модифікації аліфатичного поліаміду 6.

Однак, при вивченні хімічної стійкості матеріалів в 30%-ній сірчаній та льодяній оцтовій кислотах було виявлено 0,5% нерозчинного полімеру. ІЧ-спектральний аналіз нерозчинного залишку ідентичний вище описаним аналізам. Можна припустити, що залишком є нерозчинна гель-фракція даного полімеру.

Визначення водопоглинання показало, що деталі мають водопоглинання за 24 години - 1,7-1,8%. Згідно з [8], водопоглинання поліаміду 6 за 24 години складає 1,5-2,0%.

Отже, на основі викладеного матеріалу можна зробити такі висновки.

1. Полімерний матеріал, що використовується для виготовлення шестерні приводу верхнього кронштейна, натяжного ролика-ексцентрика мотовила, підшипника мотовила та втулки нижнього вала транспортера селекційного комбайна фірми "НЕРСЕРІ МАСТЕР" (Австрія), являє собою α -модифікацію аліфатичного поліаміду 6.

2. Вітчизняними аналогами є такі матеріали: поліамід 6 (ОСТ 6-06-С9-76), поліамід 6 блочний (ТУ 6-05-1152-78).

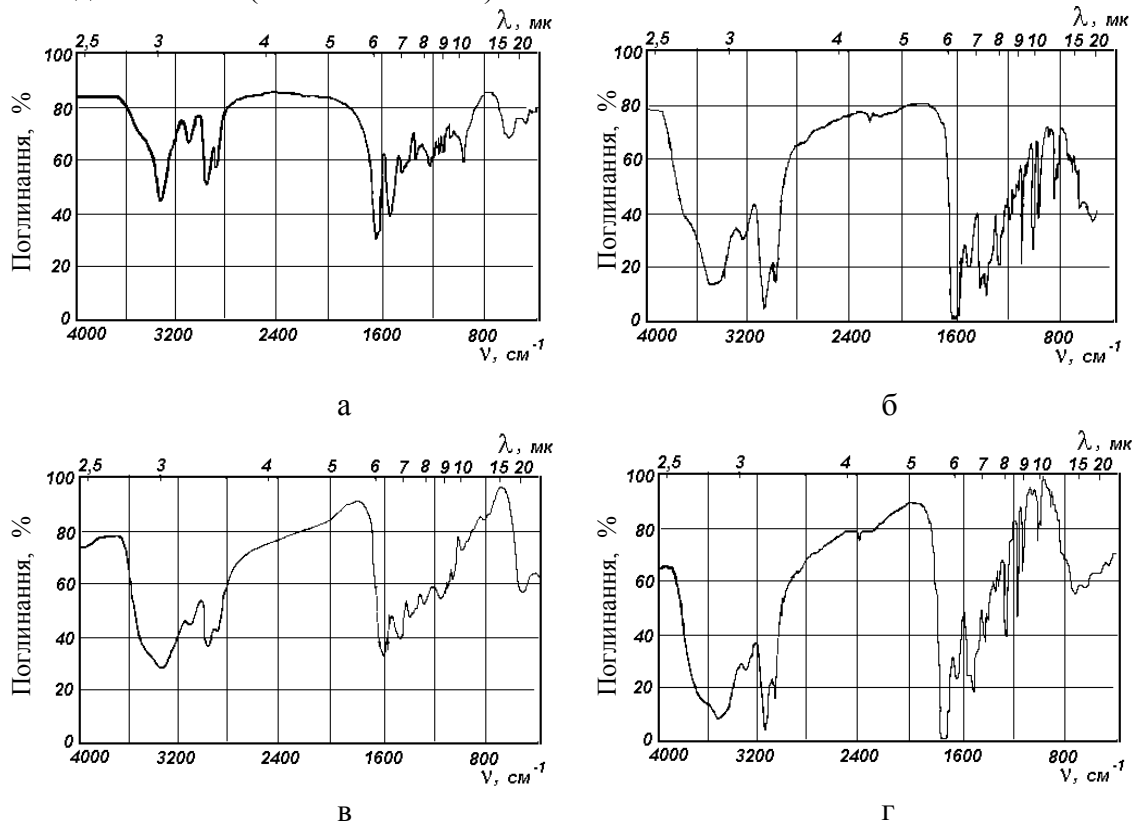


Рис.3. ІЧ-спектри матеріалів деталей: а – шестерня приводу верхнього кронштейна; б – натяжний ролик-ексцентрик мотовила; в – підшипник мотовила; г – втулка нижнього вала транспортера

Експлуатація як зарубіжних, так і вітчизняних зернозбиральних комбайнів в Україні показує, що такі деталі, як, наприклад, вічка шнека жатки або підшиники променя мотовила, виготовлені з чистого поліаміду 6 мають низьку зносостійкість і вже 1-2 рік експлуатації комбайна вони потребують заміни. Тому сьогодні в рухомих з'єднаннях зарубіжних комбайнів все частіше зустрічаються складні ПМ, що характеризуються підвищеними триботехнічними та міцнісними характеристиками. Але, як показала практика, деталі, виготовлені з цих матеріалів, коштують надто дорого. Наприклад, ціна вічка шнека жатки комбайна "Домінатор" складає від 11 грн., а на комбайни "Кейс"(США) сягає 70 - 80 грн [9].

В лабораторії полімерних композитів Дніпропетровського державного аграрного університету (ЛПК ДДАУ) накопичений значний досвід (більш як за 25 років) із застосування нових композиційних матеріалів - вуглепластиків (ВП) у рухомих з'єднаннях як вітчизняних, так і зарубіжних зернозбиральних комбайнів. ВП мають ряд переваг у порівнянні з традиційними пластмасами, металами та сплавами, а саме: низьку питому вагу, високі міцність та зносостійкість, теплостійкість, низький коефіцієнт тертя, здатність працювати в запиленних умовах без постійного змащування. Однією із суттєвих переваг ВП, у порівнянні з традиційними пластмасами, є їх висока теплопровідність (завдяки наявності вуглецевих волокон), що дає можливість експлуатувати деталі з них у більш жорстких умовах.

Сьогодні застосування в комбайнах "Домінатор", "ДОН-1500" та КЗС-9 "СЛАВУТИЧ" знайшли ВП на основі аліфатичних та ароматичних поліамідів (ПА), розроблені в ЛПК ДДАУ, основні властивості яких наведені нижче (табл.2).

Таблиця 2

Основні властивості вуглепластиків, розроблених ЛПК ДДАУ

Параметр	Значення	
	УПА-6-40	172РЗ
Густина, г / см ³	1,17	1,4
Ударна в'язкість, кДж/м ²	35	22
Межа міцності при стисканні, МПа	166	293
Інтенсивність лінійного зносу, 10 ⁻⁸ : - сухе тертя	0,66	0,08
	- при змащуванні оливою	0,05
Коефіцієнт тертя:	- сухе тертя	0,16...0,24
	- при змащуванні водою	0,03
	- при змащуванні оливою	0,01
		0,018...0,05
Теплостійкість по Віка, К	497	558

Польові випробування, які проводилися після широких лабораторних досліджень, розроблених ВП, показали їхню високу працездатність. Так у 2000 році, вічка шнека жатки, виготовлені із ВП на основі аліфатичного поліаміду 6 були встановлені в АТЗТ "Агро-Союз" на комбайні "Домінатор" фірми "Клаас" (Німеччина).

Експериментальні деталі відпрацювали збиральний сезон нарівні з серійними німецького виробництва, при виробітку комбайна 636 га, з них 329 – на збиранні соняшнику. При цьому необхідно підкреслити, що вітчизняні експериментальні деталі значно дешевші від серійних. Це досягається не тільки завдяки застосування дешевшого матеріалу, а й за рахунок високотехнологічності виготовлення деталей.

У 2001 році були проведені польові випробування експериментальних підшипників вала соломотряса комбайна ДОН-1500 (ТОВ "Троїцьке" Павлоградського району, Дніпропетровської області). Відмінна особливість даного підшипника – розбірна конструкція (рис.4). Він легко монтується і демонтується навіть у польових умовах, а напівпідшипники, виготовлені із ВП на основі ароматичного поліаміду, забезпечують добру працездатність з одноразовим змащуванням при встановленні підшипника на вал. Випробування показали, що при виробітку комбайна у 240 га та намоті 552 тонни знос експериментальних напівпідшипників складав 0,1, а в деяких випадках 0,15 мм. Тобто, можна зробити висновок, що в даному разі відбулось лише припрацювання робочих поверхонь напівпідшипників і вала і розпочалася нормальна робота пар тертя. Слід зауважити, що знос вала не зафіксований. Це явище можна пояснити таким чином. При обертанні вала, в період припрацювання, продукти зносу полімерного матеріалу напівпідшипника переносяться на поверхню вала (відбувається "намазування" полімерного матеріалу), що призводить до утворення плівки переносу. В процесі подальшої експлуатації агрегата, тертя відбувається уже між плівкою переносу та підшипниками. Вуглецеві волокна, які використовуються як арматура в полімерному матеріалі, впливають на упорядкування надмолекулярної структури полімерного в'язучого. Наприклад, для ароматичних поліамідів глобулярна структура трансформується в дрібнофібрилярну, що призводить до зниження тертя та покращення міцності [10]. Крім того, самі вуглецеві волокна мають низький коефіцієнт тертя. Проте змащення даного вузла при технічному обслуговуванні комбайна покращує його роботу.

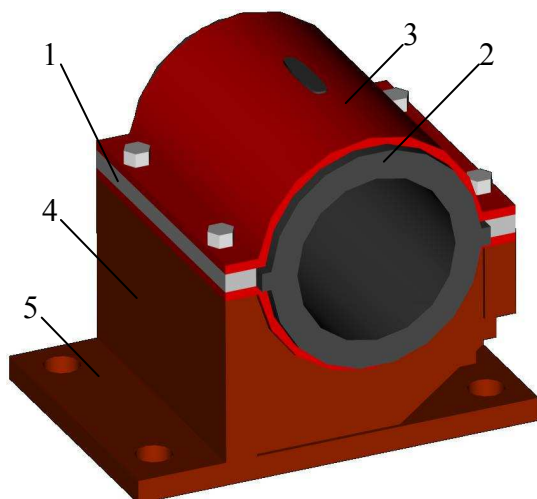


Рис. 4. Експериментальний підшипник вала соломотряса: 1 – прокладка; 2 – напівпідшипники; 3 – каркас; 4 – корпус; 5 – основа



Рис.5. Загальний вигляд вуглепластикового підшипника променя мотовила

В 2001 році в ННЦ ІМЕСГ (сmt. Глеваха) на комбайнах “Славутич” також були встановлені експериментальні вічка шнека жатки (матеріал УПА-6-30) та підшипники променя мотовила (рис.5), з ВП 172РЗ та УПА-6-40. Необхідність цих випробувань була зумовлена незадовільною роботоздатністю серійних деталей. Так, серійні вічка шнека жатки потребували заміни через 1-2 сезони роботи комбайна, а підшипники променя мотовила - через 2-3.

Всі експериментальні деталі показали відмінні результати. При виробітку комбайна 321 га і намоті 834 тонни зерна знос експериментальних вічок шнека жатки у 80% становив 0,1 мм і лише у 20% деталей - 0,2 мм, тоді як у серійних він дорівнював у половини вічок 0,4 мм і у стількох же - 0,5 мм. При максимально допустимому зношенні вічка 2 мм, можна передбачити, що термін служби вуглепластикових вічок буде не меншим за термін служби комбайна, тобто 10 років.

Щодо експериментальних підшипників променя мотовила, які були встановлені на іншому комбайні, сезонний виробіток якого склав 292 га при намоті 786 тонн, то результати випробувань (табл. 3) показали, що зносостійкість деталей із ВП 172РЗ вища у 5-6 разів, а із УПА-6-40 - у 1,5-2 рази від серійних, що також дасть можливість при застосуванні ВП урівноважити термін служби даної деталі і комбайна.

Таблиця 3

Результати польових випробувань підшипників променя мотовила

Діаметр підшипників у зборі, мм	Матеріал							
	172РЗ	172РЗ	УПА-6-40	УПА-6-40	Серійні підшипники			
До випробувань	25,7	25,4	25,3	25,3	25,5	25,5	25,4	25,5
Після випробувань	25,8	25,5	25,7	25,6	26,0	26,1	26,0	26,0
Знос, мм	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5

Крім того, проведені в ЛПК ДДАУ лабораторні дослідження із ресурсозбереження ВП на основі аліфатичних поліамідів показали, що деталі, які вийшли з ладу доцільно піддавати вторинній та третинній переробці [11]. При цьому встановлено, що механічні властивості після вторинної переробки зменшуються всього на 7-15%, а після третинної деякі показники навіть зростають (наприклад, ударна в'язкість). Очевидно, це пов'язано зі “зшиванням” в'язучого, так як неодноразові

температурні дії та механодеструкція в деякій мірі цьому сприяють. Однак процес тертя зразків після третинної переробки є менш стабільним: спостерігається коливання коефіцієнта тертя та температури, зростає зношування матеріалу. Тому деталі, виготовлені із ВП, після третинної переробки доцільно використовувати у менш навантажених з'єднаннях.

Висновки. Ідентифікація деталей рухомих з'єднань, які використовуються в селекційних зернозбиральних комбайнах "Нерсері Мастер", показала, що виробники надають перевагу аліфатичному поліаміду 6.

Альтернативними матеріалами, які необхідно використовувати для підвищення надійності, довговічності та для зменшення простоїв та витрат при технічному обслуговуванні зернозбиральних комбайнів вітчизняного виробництва є ВП на основі ароматичних та аліфатичних поліамідів. Польові випробування показали добру працездатність та доцільність застосування ВП у вузлах тертя, що працюють в умовах абразивного середовища (вічко шнека жатки та напівпідшипник променя мотовила), а також там, де присутні значні знакоперемінні навантаження (підшипник вала соломотряса). При цьому спостерігається цінова конкурентоспроможність розроблених ВП у порівнянні із зарубіжними полімерними матеріалами. Ліквідація простоїв комбайна у збиральну кампанію, пов'язаних із заміною вказаних деталей призведе до підвищення коефіцієнта експлуатації машини. Описані випробування підтверджені відповідними актами, що дало підставу ННЦ ІМЕСГ рекомендувати експериментальні вічка шнека жатки та підшипники променя мотовила з ВП у серійне виробництво.

The paper concerns problems of use of composite materials in junctions of driven parts of mobile agricultural machines, on the basis of field trials use of composite materials in nodes of abrasion of harvest combines is justified.

Література

1. Николаенко А.И. Полимерные материалы в комбайностроении // Пластмассы. - 1981. - №2.-С.50-51.
2. Буря А.И., Деркач А.Д. Применение углепластиков в узлах трения зарубежных зерноуборочных комбайнов и машинах для хранения зерна. // Хранение и переработка зерна, №10, 2001, С. 51-54.
3. Буря А.И., Арламова Н.Т., Сытник С.В. Идентификация полимерных материалов, применяемых в зарубежном комбайностроении. Тезисы докладов конференции "Свойства и применение полимерных композитов в сельхоз-машиностроении", 29-30 сентября.-Днепропетровск.-Киев: Знание, 1992.-С. 3
4. Мартынов М.А., Вылегжанина К.А. Рентгенография полимеров.-Л.: Химия.-1972. – 96с.
5. Гойхман А.Ш., Соломко В.П. Кристаллическая структура поликапроамида (полиамида 6). - Химия и технология высокомолекулярных соединений: Сб. Итоги науки и техники.-М.: ВИНТИ, 1983, Т.18.-С.92-151.
6. Липатов Ю.С., Шилов В.В., Гомза Ю.П., Кругляк Н.Е. Рентгенографические методы изучения полимерных систем. - К.: Наукова думка, 1982, - 296с.
7. Дифференциальный термический анализ. – В кн.: Новейшие методы исследования полимеров. М.: Мир, 1966.-С. 286-339.
8. Кацнельсон М.Ю., Балаев Г.А. Полимерные материалы: Свойства и применение. – Справочник.-Л.: Химия, 1982. – 317с.
9. Каталог АТЗТ "Агро-Союз" "Запасные части к автомобильной и сельскохозяйственной технике отечественного и импортного производства", 2002.
10. Буря А.И., Приходько О.Г. Модифицирование фенилона // Композиционные материалы: респ. меж-вед. сб.-Киев: Наукова думка, Вып.9, 1981.-С.25-28.
11. Буря А.И., Деркач А.Д., Свириденко А.И. Влияние вторичной переработки на ударную вязкость углепластиков на основе полиамида-6. Тезисы докладов четвертой международной научно-технической конференции "Ресурсо-сберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов".-Гродно, 2000. - С.43.

Одержано 21.11.2002 р.