

Аннотация

АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЖАТОК ОЧЕСЫВАЮЩЕГО ТИПА

Борисенко Н.Н., Шварцман М.Э.

Выполнен анализ исследований по усовершенствованию процесса и технических средств для сбора зерновых культур методом очесывания и определение направления повышения эффективности за счет уменьшения потерь путем обоснования конструктивно-режимных параметров жаток.

Abstract

ANALYSIS AND PROSPECTS OF IMPROVEMENT DESIGN STRIPPER HEADER

N. Borisenko, M. Shvartsman

The analysis of researches of process improvement and technical means for the harvesting of cereal crops by the method of очесывания and certain directions of increase of efficiency due to reduction of losses by the rationale of structural-operational parameters.

УДК 631.2:678-2/-9

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТІВ З НАНОНАПОВНЮВАЧАМИ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Буря О.І., професор; Кузнецова О.Ю., аспірант; Деркач О.Д., доцент,
Дудка А.В., Марищук А.О.**

(Дніпропетровський державний аграрний університет)

Приведені і проаналізовані результати лабораторних досліджень трибологічних та фізико-механічних властивостей фулеренвмісних композитів на основі ароматичного поліаміду фенілон С-2. Проведені польові випробування деталей, виготовлених з композиту оптимального складу вказали на доцільність впровадження їх у технічному сервісі тракторів.

Актуальність роботи. Технічний рівень сучасної сільськогосподарської техніки значно відрізняється в залежності від країни, де вона виготовлена і навіть від заводу-виробника. Чим вищий технічний рівень машини – тим менша вартість одиниці зібраного врожаю або переробленої продукції за умови нормативного завантаження машини. Так, дослідженнями встановлено, що

кожна година ресурсу зернозбиральних комбайнів КЗС-11 «Дніпро-350» та КЗС-9-1 «Славутич», технічний рівень яких різний, коштує 19,5 і 20,8 \$ відповідно [1]. Враховуючи, що ресурс першого комбайна складає 8000 мото-годин, а другого – 3000, то вказана різниця є вражаюча.

Одним із способів забезпечення стабільного зростання технічного рівня машин і механізмів є застосування в їх конструкціях сучасних прогресивних матеріалів, які мають унікальні властивості, що не доступні для традиційних матеріалів. Тому, сучасне машинобудування, зокрема і сільськогосподарське, невпинно підвищує вимоги до конструкційних матеріалів.

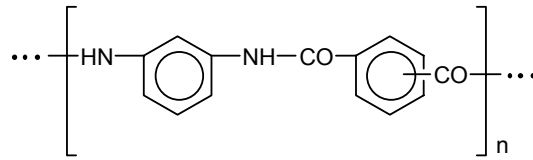
В останні десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток виробництва полімерів і композиційних матеріалів (КМ) на їх основі, що застосовуються в різних галузях промисловості та техніки і здатні не тільки з успіхом замінювати традиційні конструкційні матеріали, але й працювати в умовах, що виключають використання металів [5, 6]. На сьогоднішній день особливо актуальною є задача створення зносостійких КМ для використання у вузлах тертя машин і механізмів, залучаючи до вирішення проблем науку про наноконpozити, яка виникла в останні роки на межі різних областей знань і майже відразу знайшла практичне застосування. Зокрема привертають до себе увагу як модифікатори КМ – фулерени. Механічні властивості яких дозволяють створювати нові високоефективні класи змащувальних матеріалів. Цьому ідеально сприяють висока міцність і сферична форма молекули C_{60} і слабкі міжмолекулярні сили в кристалі. Проведені дослідження вказують на перспективи застосування фулереновмісних матеріалів в якості антифрикційних покриттів, твердих мастил і присадок до змащувальних оливо [7, 8].

Встановлено, що навіть незначна добавка фулеренових матеріалів (суміш фулеренів C_{60} і C_{70} , індивідуального фулерену C_{60} (чистотою 99.9 мас.%), фулеренової сажі, відмитої фулеренової сажі (фулеренової черні)) приводить до значного збільшення міцності і еластичності (від 1,5 до 2 разів), помітного зниження коефіцієнтів тертя по металу і зносу (у 2-4 рази), збільшення температур плавлення і деструкції капролонів. Спостерігається також істотне поліпшення антистатичних властивостей - опір зразків зменшується в деяких випадках на 5-8 порядків, що сприяє швидшому стіканню статичної електрики [9].

Враховуючи вищевикладене, мета роботи полягала у застосуванні наноструктурованих вуглецевих матеріалів при розробці нових полімерних композиційних матеріалів на основі термостійкого ароматичного поліаміду фенілон С-2 (ФС-2) для його використання у технічному сервісі сучасної сільськогосподарської техніки.

Об'єкти та методи досліджень

Фенілон С-2 (ТУ 6-05-226-72) – лінійний гетероциклічний сополімер, що містить в основному ланцюгу макромолекули амідну групу $-HNCO-$, з'єднану по обидва боки фенільними фрагментами, одержують емульсійною поліконденсацією [7] м-фенілендіаміну із сумішшю дихлорангідридів ізофталевої і терефталевої кислот, взятих у молярному співвідношенні 3:2.



Для підвищення характеристик фенілону використовували дисперсні наноструктуровані вуглецеві наповнювачі, зокрема нанокластерні модифікатори: фулерен C_{60} , фулеренову сажу, фулеренову чернь в кількості 0,5, 1,5 і 3,0 мас.%.

Фулерен C_{60} – продукт, що отримують при дуговому випаровуванні графіту. Підготовка його концентрату ведеться за методикою [10]. Остаточне очищення до товарного стану ведеться на активованому вугіллі. Вміст фулеренів складає 99,9%.

Фулеренова сажа (ФС) – сажа, отримана дуговим випаровуванням графіту. Чорний порошок, не розчинний, насипна густина $0,25 \text{ г/см}^3$, вміст фулеренів складає 11%.

Фулеренова чернь (ФЧ) – сажа після вилучення суміші фулеренів неполярними органічними розчинниками і оброблена паром для видалення органічного розчинника. Це нерозчинний чорний порошок, що має насипну густину $0,5 \text{ г/см}^3$, питому поверхню $300 \text{ м}^2/\text{г}$, розміри частинок 40-50 нм і містить не більше 0,1% фулеренів.

Методика отримання композитів полягала в змішуванні компонентів прескомпозиції в обертальному електромагнітному полі, з подальшою переробкою приготовленої таким чином суміші у виробі методом компресійного пресування при температурі 598 К і тиску 40 МПа.

Дослідження трибологічних властивостей зразків в режимі без змащування здійснювали на машині тертя СМЦ-2 за схемою диск-колодка. Навантаження на зразок складало – 1,0 МПа, лінійна швидкість ковзання – 1,3 м/с, шлях випробувань – 2 км. В ході вимірювань реєстрували момент тертя, частоту обертання, силу притискання зразка, число напрацьованих циклів, масу зразка, яку визначали зважуванням на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю $0,0001 \text{ г}$

В якості контртіла використовували сталь 45 з твердістю після обробки 50 HRC, шорсткістю поверхні $R_a=0,63 \text{ мкм}$. Знос зразка обчислювали за формулою:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{S} \quad (1)$$

де: m_1 – маса зразка до випробувань, кг; m_2 – маса зразка після випробувань, кг; S – площа поверхні, що зношується, м^2 .

Коефіцієнт тертя знаходили зі співвідношення:

$$f = \frac{M}{F \cdot r}, \quad (2)$$

де: M – момент тертя, Н·м; F – сила притиснення зразка, Н; r – радіус контртіла, м

Дослідження міцнісних властивостей здійснювали на випробувальній машині FP-100 згідно ГОСТ 4651-82. Для визначення границі міцності при стисненні використовували зразки діаметром 10 і висотою 15 мм. При цьому опорні площини зразків повинні бути паралельні в межах 0,1 % у напрямку, перпендикулярному прикладанні навантаження. Реєстрація процесу руйнування зразка та його деформації здійснювалась самописцем на спеціальному бланку 3. Границю міцності при стисненні (σ_p) розраховували за формулою:

$$\sigma = P / F \quad (3)$$

де: P - навантаження, МПа; F – мінімальна площа поперечного перерізу зразка, мм²;

$$F = \pi d^2 / 4; \quad (4)$$

d - діаметр зразка, мм.

Відносну деформацію при стисненні (ε) розраховували за формулою:

$$\varepsilon = \Delta h_{p.c.} \cdot 100 / h_o \quad (5)$$

де: $\Delta h_{p.c.}$ – величина зменшення висоти зразка при руйнуванні, мм; h_o - початкова висота зразка, мм.

Для визначення модуля пружності при стисненні (E) за діаграмою визначали величину навантажень, що відповідали величинам відносної деформації 0,1 і 0,3% (ГОСТ 9550-81). Розрахунок здійснювали згідно співвідношення:

$$E = \frac{(F_2 - F_1) h_o}{A_o (\Delta h_2 - \Delta h_1)} \quad (6)$$

де: F_1 – навантаження, що відповідає відносній деформації 0,1%, Н; F_2 - навантаження, що відповідає відносній деформації 0,3 %, Н; h_o – початкова висота зразка, мм; A_o – площа поперечного перерізу зразка, мм; Δh_1 – зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_1 ; Δh_2 - зміна висоти, яка відповідає навантаженню F_2 .

За остаточний результат випробувань приймали середнє арифметичне всіх паралельних досліджень.

Результати та обговорення

Коефіцієнт тертя – один з визначальних показників, який використовується при виконанні технічних розрахунків і прийнятті рішень, що характеризує фрикційну взаємодію двох тіл.

В нашому випадку встановлено (рис. 1), що у композиційних матеріалів, які містять всі перераховані наповнювачі коефіцієнт тертя в дослідженому діапазоні знижується: у разі використання фулерену C_{60} f – в 1,6-2,0, а при наповненні фулереновими сажею і черню в 1,1-2,2 і 1,2-2,1 рази відповідно. При цьому концентраційні залежності даного показника проходять через мінімум при вмісті наповнювача 1,5 мас.%. Слід також відзначити кореляцію f з міцнісними характеристиками розроблених композитів.

Такий же характер концентраційної залежності відмічений і для зносу композитів – мінімальні значення показника спостерігаються для ступеня наповнення 1,5 мас.%. При цьому для композиту, що містить C_{60} знос

зменшується в 2,8-4,8 рази. Застосування ФС і ФЧ дозволяє створити ще більш зносостійкі матеріали, I знижується в 4,4-10,1 і 3,0-8,1 рази відповідно.

Характерно, що триботехнічні характеристики (f і I) в залежності від концентрації змінюються симбатно. Найменші значення зносу ($3,0 \text{ мг/см}^2$) та найнижчий коефіцієнт тертя ($0,19$) має композит, який містить 1,5 мас.% ФЧ. Це свідчить про стабільність його властивостей, а мала вартість наповнювача сприяє тому, що з даного матеріалу доцільно виготовляти деталі для сільськогосподарських машин, що працюють в умовах обмеженого змащення або взагалі без такого.

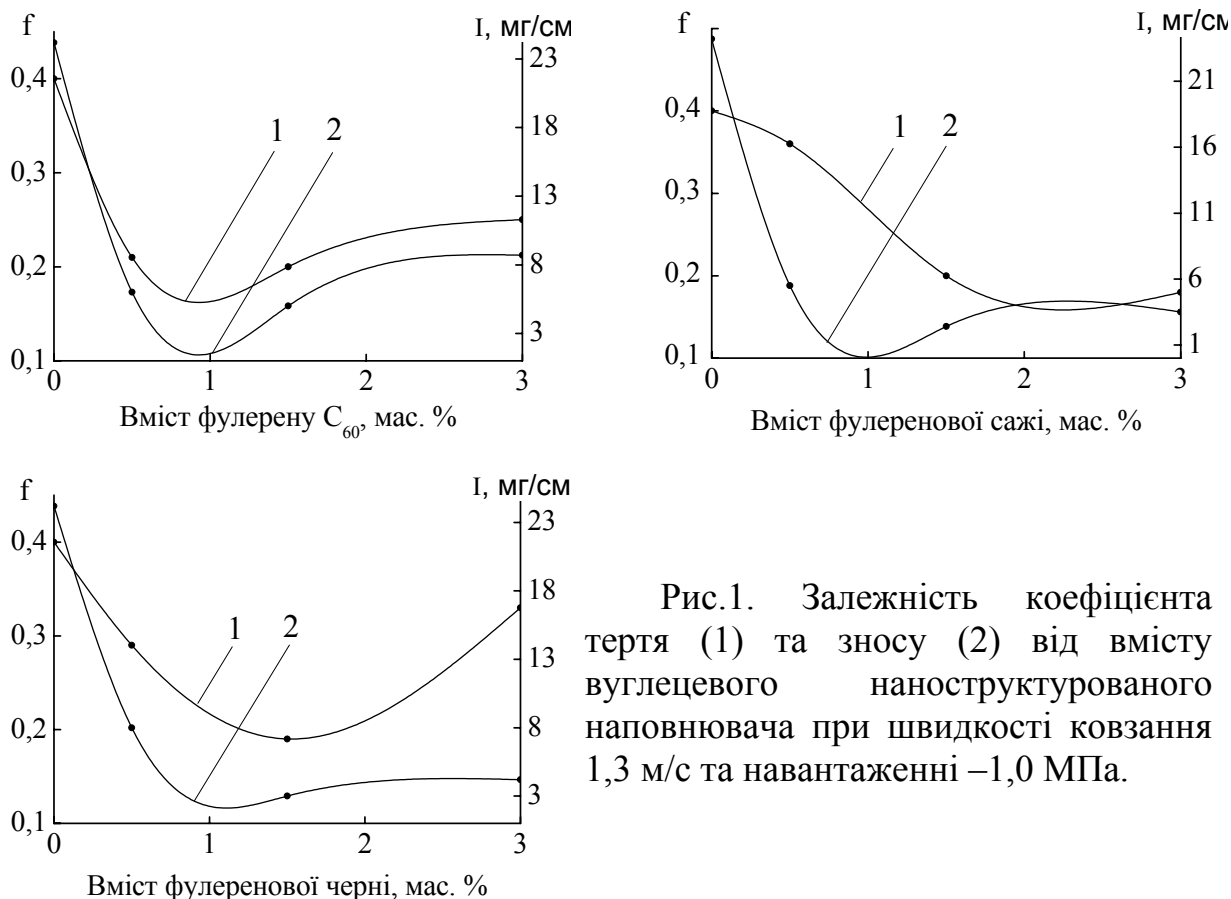


Рис.1. Залежність коефіцієнта тертя (1) та зносу (2) від вмісту вуглецевого наноструктурованого наповнювача при швидкості ковзання 1,3 м/с та навантаженні $-1,0 \text{ МПа}$.

Дослідження фізико-механічних характеристик показали, що варіювання вмісту фулерену C_{60} в дослідженому діапазоні приводить до деякого зниження такого показника як межа текучості при стисненні для ступеня наповнення 0,5 мас.%, а при подальшому збільшенні концентрації (1,5 і 3,0 мас.%) відмічена тенденція до його монотонного підвищення (рис. 2). При цьому, значення модуля пружності зростає у всьому дослідженому діапазоні.

У разі використання ФС для ступеня наповнення 0,5 мас.% спостерігаються мінімальні значення, а при подальшому збільшенні концентрації наповнювача в композиціях (1,5 і 3,0 мас.%) монотонне підвищення таких показників як модуль пружності і межа текучості при стисненні. Стосовно ФЧ встановлено, що для ступеня наповнення 0,5 мас.% спостерігається деяке зниження, а при подальшому збільшенні концентрації наповнювача в композиціях (1,5 і 3,0 мас.%) зростання таких показників як

модуль пружності і межа текучості при стисненні. Встановлено, що руйнування зразків нанокompозитів дещо відрізняється від характеру руйнування вихідного полімеру. ФС-2 і нанокompозити, що містять 0,5 мас.% НП руйнуються пластично, в той же час для решти нанокompозитів можна відзначити як пластичний, так і крихкий характер руйнування.

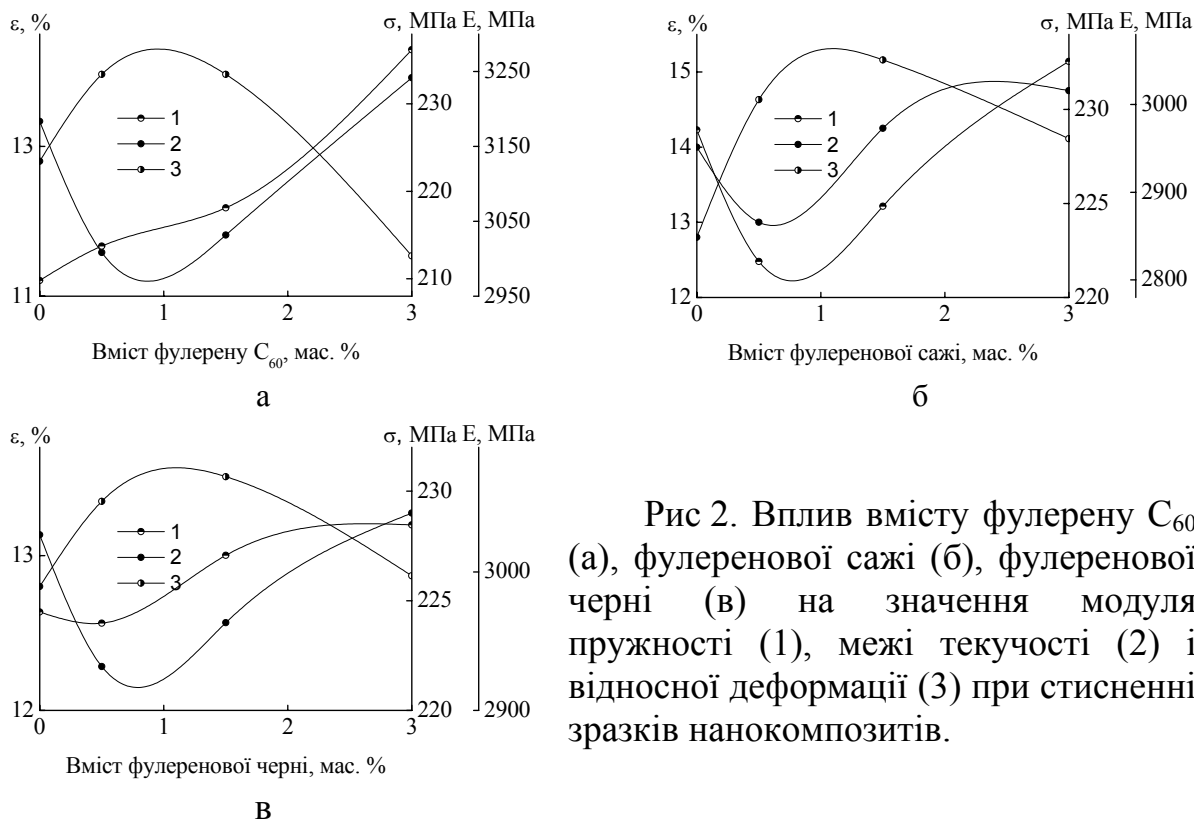


Рис 2. Вплив вмісту фулерену C₆₀ (а), фулеренової сажі (б), фулеренової черні (в) на значення модуля пружності (1), межі текучості (2) і відносної деформації (3) при стисненні зразків нанокompозитів.

Отримані результати лабораторних досліджень дозволили перейти до виробничих випробувань.

Шворневий вузол трактора ЮМЗ-8070 – це один із вузлів, який вимагає «щедрого» змащування пластичними мастилами у відповідності до системи технічного обслуговування. Це пов'язано з тим, що втулки шворнів виготовлені з бронзи. Відомо, що бронзові деталі не здатні працювати в умовах недостатнього змащення. За настання таких несприятливих умов робоча поверхня бронзових деталей «схоплюється» з контртілом, а сама деталь може майже виттєво деформуватися. В рульовому механізмі через це може виникнути розрегулювання кута розвалу та сходження ведених коліс. Тоді, при виконанні технологічних операцій підвищується напруження механізатора та швидше настає втомленість. Крім того, агрегат може бути зупинений для ліквідації несправності. Враховуючи вищеописане, було прийняте рішення на заміну серійних втулок шворня трактора ЮМЗ-8070 (рис.3) експериментальними з композитного матеріалу, що включав 1,5% ФЧ.

Виготовлені в лабораторії полімерних композитів ДДАУ деталі, для забезпечення нормальної посадки зі шворнем були механічно оброблені в умовах фермерського господарства «Костенко» Павлоградського району Дніпропетровської області.

Трактор ЮМЗ-8070, укомплектований експериментальними деталями відпрацював у 2011 році 422 мото-год. Згідно акту випробувань, трактор, у складі різних агрегатів виконував такі роботи: передпосівна культивация, сівба озимих культур, оранка. При цьому змащення шворневого вузла проводилося один раз при встановленні експериментальних деталей. В подальшому змащування не проводилося.

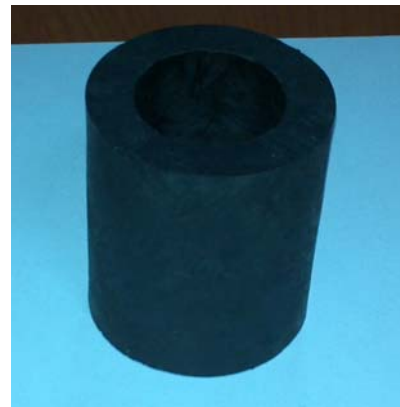


Рис.3. Трактор (а), укомплектований експериментальними втулками (б) на випробуванні.

Через 422 мото-години роботи під час візуального огляду та перевірки технічного стану вузла було виявлено, що експериментальні деталі не мають видимих ознак зносу, деформації, інших негативних явищ і технічно придатні до подальшої експлуатації. Спеціалістами ФГ «Костенко» та ДДАУ рекомендовано продовжити випробування та розглянути ряд рухомих з'єднань іншої сільськогосподарської техніки де доцільно впровадити аналогічні деталі.

Список літератури

1. Лобас Л., Ляшенко А., Стретович В. Як обрати зернозбиральний комбайн (Чи існує межа надійності). // Техніка АПК. – 2005. – №8, – С.18 – 20.
2. Буря А.И., Кузнецова О.Ю. Фуллерены: свойства и области применения / Композитные материалы, № 2, т.3. – 2009. С. 3-22.
3. Muelhaupt R. Наноматериалы: шансы и риски. Полимер. матер.: изделия, оборуд., технол. 2005, № 6, С.2-8.
4. Perspectives of Fullerene Nanotechnology, edited by E.Osawa. 2002. Kluwer Academic Publishers. – 375 p.
5. Пилиповский Ю.Л., Грудина Т.В., Сапожникова А.В. Композиционные материалы в машиностроении. – К.: Техника, 1990. – 141 с.
6. Lewis C.F. Bigger and Better Industrial Composites // Mater. Eng. – 1990. – Vol.107. – № 3. – P.27-31.

7. Miura K., Tsuda D., Itamura N., Sasaki N. Superlubricity of Fullerene Intercalated Graphite Composite. Jap. J. Appl. Phys. 46, 5269-5274 (2007).

8. Гинзбург Б.М., Точильников Д.Г. Влияние сшивающего агента и фуллерепа C_{60} на свойства твердосмазочного покрытия. ЖТФ. 2000, Т.70. №1. С.94-99

9. Поталицин М.Г., Бабенко А.А., Алехин О.С., Алексеев Н.И., Арапов О.В., Чарыков Н.А., Некрасов К.В., Герасимов В.И, Семенов К.Н. Капролоны, модифицированные фуллеренами и фуллероидными материалами. Ж. прикл. химии. 2006. Т.79, № 2, С.308-311.

10. Седов В.П. Подготовка концентрата фуллерепа C_{60} методом фракционного концентрирования, Гатчина: ПИЯФ РАН, – 2002. – 20 с.

Аннотация

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ С НАНОПОЛНИТЕЛЯМИ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

**Буря А.И., Кузнецова О.Ю., Деркач А.Д.,
Дудка А.В., Марищук А.О.**

Приведены и проанализированы результаты лабораторных исследований трибологических и физико-механических свойств фуллеренсодержащих композитов на основе ароматического полиамида фенилон С-2. Полевые испытания деталей, изготовленных из оптимального состава композита доказали целесообразность внедрения их в техническом сервисе тракторов.

Abstract

APPLICATION OF COMPOSITES WITH NANOFILLERS IN TECHNICAL SERVICE OF AGRICULTURAL TECHNIQUE

O. Burya, O. Kuznetsova, O. Derkach, A. Dudka, A. Maryshchuk

The brought and analysed results over of laboratory researches of tribological and physical and mechanical properties of fullerene composites on the basis of aromatic polyamide of nomex C-2. Conducted field tests of the details made from optimal composition specified on expediency of introduction of them in technical service of tractors.