

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису
УДК 631.3.02:678.029.46

БУРЯ ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ

РОЗРОБКА, ДОСЛІДЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ
ПОЛІМЕРІВ, АРМОВАНИХ ХІМІЧНИМИ ВОЛОКНАМИ,
В КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

05.20.04. - Сільськогосподарські та гідро-
меліоративні машини

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Тернопіль - 1993



00814786 (Y)

Робота виконана в Дніпропетровському
університетіНауковий керівник - доктор
професорОфіційні опоненти - Заслужений винахідник України,
доктор технічних наук,
професор Нагорняк С.Г.
кандидат технічних наук,
доцент Серета Л.П.

Провідне підприємство - ВО "Тернопільський комбайновий завод"

Захист відбудеться 29 червня 1993р. о 11 годині в ауд.79
на засіданні спеціалізованої ради Ю58.50.01 по захисту
дисертацій на здобуття именованого ступеня кандидата технічних
наук при Тернопільському приладобудівному інституті за ад-
ресом: 282001, Тернопіль, вул. Руська, 56З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці інституту за
адресою: 282001, Тернопіль, вул. Руська, 56Автореферат розісланий 27 червня 1993р.Просямо направити Ваш відгук на автореферат у двох екземпля-
рах у спеціалізовану раду за вказаною адресою і взяти участь
у засіданні ради.Вчений секретар
спеціалізованої ради,
кандидат технічних наук

М.І.Піагуровський

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В останні роки сільськогосподарське машинобудування перетворилося в значного опоживача полімерних матеріалів і композитів на їх основі. Застосування пластмас в конструкціях сільськогосподарських машин обумовлено підвищенням ефективності їх виробництва, якості і довговічності деталей, зниженням витрат металопрокату. Економія чорних та кольорових металів складає 2-4, а в деяких випадках 10-12 кг на 1 кг пластмас. Тільки за останні роки обсяг використання пластмасових деталей в сільському господарстві збільшився вдвічі, а число їх найменувань перевищило три тисячі.

В тракторному і сільськогосподарському машинобудуванні зараз використовується більш 50 видів різних полімерних матеріалів, провідне місце серед них займають поліетилен високого та низького тиску, поліаміди, полівінілхлорид, поліпропілен та стеклопластики на основі поліефірної смоли. Полімерні матеріали в сільськогосподарських машинах доцільно використовувати для виготовлення деталей, до яких пред'являються вимоги малого моменту інерції, високої хімічної стійкості, здібності гасити коливання та низького коефіцієнту тертя в контакті з сільськогосподарськими матеріалами. Переваги пластмас перед традиційними матеріалами - можливість їх обробки різанням і без нього, витрати при виготовленні однакових деталей із пластмас на 10-15% менші, порівняно з металічними сплавами. Крім цього слід відмітити, що при переробці пластмас матеріал використовується на 90-95% проти 60-80% у металів.

Зважаючи на те, що тільки 10-15% деталей сільськогосподарських машин виходять з ладу із-за недостатньої міцності, а 85-90% - по причині зносу, стає очевидним, що проблема підвищення надійності та довговічності сільськогосподарської техніки нерозривно зв'язана з одного боку, з подальшим удосконаленням конструкції вузлів тертя, а з другого - зі створенням нових полімерних антифрикційних матеріалів.

Метою роботи є розробка, дослідження властивостей та виявлення областей застосування в сільськогосподарському машинобудуванні армованих пластиків на основі плавких та термостійких полімерів.

Відповідно до поставленої мети основними задачами досліджень були:

- створення високопродуктивного способу армування плавких та термостійких полімерів, оцінка рівномірності розподілу наповнювача в полімерній матриці;

- дослідження впливу вмісту, природи та характеристик хімічних волокон на фізико-механічні, теплофізичні та трибологічні властивості і структуру армованих полімерів;

- розробка інженерної методики конструювання та виготовлення деталей сільгоспмашин із вуглепластиків /ВП/;

- проведення стендових та польових випробовувань деталей і конструкцій із ВП, оцінка економічної ефективності заміни серійних матеріалів на ВП, розробка технічних умов на кращі вуглепластики та впровадження деталей із них в конструкції сільгоспмашин.

Наукова новизна роботи. Створені метод армування /а.о. №892 944/ та ряд нових композитних матеріалів на основі полівінілхлориду /а.о. №1060649/, поліпропілену /Позитивне рішення по заявці №4864353/, поліаміду-6 /а.о. №1545585/, поліаміду-12 /а.о. №938 603/, дніпролону /а.о. №862580, І47І537/, сульфарилу БСП-7 /а.о. №937718/, фенолону /а.о. №658890, 788706, 890015, І340І15/, поліарилату /а.о. №І694603/.

Проведено комплексне дослідження теплофізичних, фізико-механічних та трибологічних властивостей органічних і вуглепластиків. Виявлено основні закономірності впливу вмісту, природи, міцності, модуля пружності, температури термічної обробки волокна на характеристики армованих пластиків. Показані особливості взаємодії елемент вуглецевих волокон /ЕВВ/ з полімерною матрицею, що дозволило створити /а.о. №І434753, І5І92І9, І566709, І674553/ ВП підвищеної зносостійкості, міцності, вогнестійкості.

Розроблена інженерна методика розрахунку довговічності і проектування рухомих з'єднань сільгоспмашин із ВП. Запропоновані рекомендації щодо конструювання преоформ та виготовлення деталей із ВП. Визначені експлуатаційні та ресурсні параметри антифрикційних матеріалів та деталей із них.

Практична цінність роботи. Виявлені в процесі досліджень закономірності дозволяють здійснювати контроль та спрямоване регулювання взаємодії полімера та волокна, намічають підхід до вибору складу ВП, його оптимізації з заданими властивостями. Розроблено і впроваджено у виробництво ряд ВП та виготовлених із них деталей рухомих з'єднань сільгоспмашин, відповідно одержано 37 авторських свідоцтв на винаходи, 4 орібні, 2 бронзові медалі ВДНГ СРСР, дипломи першого та другого /два/ ступенів ВДНГ УРСР. Розроблені стен-

ди для проведення досліджень по визначенню ресурсних і експлуатаційних характеристик деталей сільгоспмашин, виготовлених із ВП. Визначені оптимальні режими роботи рухомих з'єднань.

Реалізація результатів роботи. Результати роботи лягли в основу розроблених і вперше введених технічних умов ТУ-6-06-31-423-83 "Композиция антифрикционная на основе полиамида-6", ТУ 6-06-31-424-83 "Композиция антифрикционная на основе полиамида-12", ТУ 049-3679-21-86 "Материал антифрикционный Углепласт"; вони передані ГСКБ по зернозбиральним комбайнам і самохідним шасі /м.Таганрог/, комбайновим заводам ім.К.Є.Ворошилова /м.Дніпропетровськ/ і ім. Г.І.Петровського /м.Херсон/, де використовуються при проектуванні і розробці деталей із ВП для комбайнів "Дон-1500", СК-12, "Херсоньць-200", бурякозбиральних машин, дощувальних агрегатів ДДА-100. Виготовлені по розробленій технічній документації деталі сільгоспмашин, тракторних гідроагрегатів, гноєзбиральних транспортерів із ВП успішно пройшли випробування в різних краях СНД і впроваджені в господарствах Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Полтавської, Київської та інших областей. Серійний випуск деталей із ВП налагоджено на ВО"Хімволокно" /м.Звітлогорськ/. Матеріали досліджень узагальнені в вигляді рекомендацій "Создание, свойства и опыт применения армированных термопластов в сельхозмашиностроении", Київ, 1989р., "Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении", Київ, 1992р. Загальний економічний ефект від впровадження ВП в сільгоспмашинобудуванні складає понад 500 тис. карбованців в цінах 1990 року.

Апробація роботи. Основні наукові положення і результати досліджень доповідались і обговорювались на наступних конференціях, семінарах та нарадах: науково-технічній конференції "Применение композиционных материалов в народном хозяйстве" /Гомель, 1974р./; ІУ, V, VI Республіканських конференціях по високомолекулярним сполукам /Северодонецьк, 1976р.; Донецьк, 1984р.; Рубіжне, 1991р./; Всесоюзній конференції "Свойства и применение полимерных материалов при низких температурах" /Якутськ, 1977р./; науково-технічній конференції "Состояние и перспективы разработок высокопрочных волокон" /Митіці, 1978р./; ІУ, V Всесоюзних конференціях по композиційним матеріалах і їх використанню в народному господарстві /Ташкент, 1980р., 1983р./; VIII Всесоюзному симпозиумі по механоemisii і механохімії твердих тіл /Таллінн, 1981р./; ІУ, V, VI, VII, VIII Всесоюзних шкслах "Расчет, прогнозирования и управление индивидуальной надежностью больших механических систем" /Кострома, 1982 рік, Звенигород, 1934р., Залічки, 1936р., Ташкент, 1988р., Кубу-

летті, 1990р./; Всесоюзній науково-технічній конференції "Конструювання і виробництво сільськогосподарських машин" /Ростов-на-Дону, 1982р./; Республіканській науково-технічній конференції "Проблеми зниження матеріалоемікості, підвищення надійності і ефективності машин для тваринництва і кормовиробництва" /Рівне, 1982р./; Всесоюзній науково-технічній конференції "Процеси і апарати виробництва полімерних матеріалів, методи і обладнання для переробки їх в изделия" /Москва, 1982р./; науково-технічній конференції країн-членів РЕВ і СРЮ "Сучасне обладнання і технологічні процеси для відновлення зношених деталей машин" /"Ремдеталь-83"/, /Київ, 1983р./; Всесоюзній науково-технічній конференції "Експлуатаційні властивості конструкційних полімерних матеріалів" /Нальчик, 1984р./; Міжнародній конференції "Фізичні властивості сільськогосподарських матеріалів, їх вплив на конструювання і виготовлення сільхозмашин і технологій" /Прага, 1985р./; Міжнародній науковій конференції "Трибологія, знос і мастильні матеріали" /Ташкент, 1985р./; Республіканській науково-технічній конференції "Стан, досвід і застосування пластмас в тракторній і сільськогосподарській машинобудівній" /Ташкент, 1986р./; III, IV, V Московських науково-технічних конференцій "Трибологія-машинобудівництво" /Москва, 1987, 1989, 1991/; Республіканській науково-технічній конференції "Шляхи розвитку механізації виробництва зерна в Українській ССР" /Київ, 1988р./; VII, VIII Міжнародних мікроімпозиумах по полімерних композиціях і морфології полімерів /Київ, 1989р./; школі-семінарі "Створення і застосування полімерних композиційних матеріалів в сільхозмашинобудівній" /Дніпропетровськ, 1989р./; Всеполянському симпозіумі "Конструкційні полімерні композити" /Щецин, 1982р./; Міжнародному симпозіумі "Полимери - 89" /Болгарія, Варна, 1989р./; Всесоюзній науково-практичній конференції з міжнародною участю "Полимерні композити-90" /Ленінград, 1990р./; II Всесоюзній нараді "Пентапласт - синтез, властивості, застосування, виробництво" /Уфа, 1990р./; I Міжнародній конференції по полімерних матеріалах пониженої горючості /Алма-Ата, 1990р./; Міжнародному науково-практичному семінарі "Трибологія - 71, 81" /Ростов, 1991р./; Міжнародному симпозіумі по трибології фрикційних матеріалів "Дробри - 91" /Ярославль, 1991р./; Радянсько-Американській з міжнародною участю конференції "Нові полімерні матеріали і технології" /Мінськ, 1992р./; Республіканській науково-технічній конференції "Властивості і застосування полімерних композитів в сільхозмашинобудівній" /Дніпропетровськ, 1992р./.

Публікації. Основні результати роботи відображені в 35 статтях, 6 тезах та 15 авторських свідченнях, які приводяться в кінці автореферату. Всього по темі дисертації опубліковано біля 150 робіт.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ*

Передмова. Обґрунтована необхідність використання полімерних матеріалів в конструкціях сільгоспмашин. Сформульована науково-технічна проблема.

І. ВСТІП

Дана характеристика головних напрямків застосування пластмас: деталі та вузли машин, що працюють в контактi з ядохімікатами і міндобривами; деталі та вузли систем очистки повітря та масла; деталі сільгоспмашин, що працюють в контактi з сільгосппродуктами; крупногабаритні пластмасові деталі; антифрикційні вузли тракторів та сільгоспмашин. Показано, що широке впровадження пластмас в конструкції сільгоспмашин обмежується відсутністю матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками, здатних тривалий час працювати в умовах абразивного зношування, як при обмеженому змашуванні, так і без нього. Виходячи з цього, визначені мета та задачі досліджень.

2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ІНЖЕНЕРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРМОВАНИХ ПЛАСТИКІВ

Створення нових армованих пластиків і застосування їх в конструкціях сільгоспмашин, з одного боку, обумовило визначення оптимальних співвідношень компонентів та режимів виготовлення деталей, з другого - врахування специфіки роботи рухомих з'єднань /абразивне зношування в умовах дії хімічно активного середовища при значних динамічних навантаженнях/. Зважаючи на це, для всебічного вивчення та об'єктивної оцінки створених матеріалів, а також деталей і вузлів із них, проводились теоретичні розрахунки та використовувалось широке коло фізико-хімічних і механічних методів досліджень. Теоретичні розрахунки виконувались на основі сучасних теорій статистики та динаміки, класичної механіки, статистики, математичного аналізу та електродинаміки. Експериментальні дослідження були спрямовані на вивчення експлуатаційних і ресурсних характеристик, розроблених вузлів та деталей і конструкцій рухомих з'єднань сільгоспмашин, виготовлених з них.

Використовувались різні методи досліджень: термічний /методи ДТА, ТГ, ДТГ/ і рентгеноструктурний аналізи, ІЧ-спектроскопія багаторазово порушеного повного внутрішнього відбиття, електрон-

на мікроскопія, а також стандартні методи оцінки фізико-механічних, теплофізичних та триботехнічних характеристик армованих пластиків.

Випробовування деталей із ВП проводились на спеціальних стендах, або шляхом установки в конструкції серійних сільгоспмашин, чи в процесі відомчих та державних досліджень. Математична обробка одержаних результатів проводилась з допомогою ЕОМ.

3. РОЗРОБКА СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРМОВАНИХ ПЛАСТИКІВ

Для армування полімерів використовували апарат із завислим шаром ферромагнітних часток. Принцип дії апарату слідує наступний. При включенні обмоток генератора в середині його розточка, де розміщується реактор створюється оберতальне електромагнітне поле, яке діє на розташовані там ферромагнітні частки. Під дією поля частки приходять в інтенсивний хаотичний рух, що забезпечує якісне змішування компонентів полімерних композицій. Після змішування частки видаляються із суміші магнітною сепарацією.

В задачі досліджень по розробці способу входило знаходження оптимальних режимних параметрів процесу армування: вибір форми і розміру ферромагнітних часток; визначення величини електромагнітної індукції оберতального поля, що забезпечує стійкий режим вихрового шару часток без деградації змішуваних компонентів; знаходження величини оптимального вмісту ферромагнітних часток в об'ємі, що займає електромагнітне поле. В результаті проведених дослідів виявлено наступне:

- в ролі робочого органу для змішування полімера з армуючими волокнами, слід використовувати нерівновісні ферромагнітні частки з параметром $l/d = 4-5$;

- об'єм ферромагнітних часток, завантажених в реактор апарату повинен бути в межах 0,04-0,05 від об'єму електромагнітного поля;

- величина електромагнітної індукції оберতального електромагнітного поля повинна бути в межах 0,08-0,12 Тл.

В подальшому всі експериментальні роботи по змішуванню компонентів проводились при вибраних вище режимних параметрах апарату. При вказаних параметрах експериментально знайдено оптимальний час армування полімерів, який складає 270-380 секунд.

Гомогенність композицій оцінювали статистичним методом, що дозволило значно скоротити число проб. При цьому із суміші, що складалась із 85 мас.% поліаміду Фенілон С-2 і 15 мас.% вуглецевого волокна /ВВ/ відбирали 39 однакових проб, об'єм яких значно менше, порівняно з об'ємом вивчаємої композиції. В кожній пробі знаходили

фактичний вміст полімеру і ВВ. Використовуючи одержані результати, будували статистичний ряд інформації і проводили розрахунки середнього \bar{X} і середнього квадратичного σ значення вмісту ВВ в полімерній матриці за формулами $\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i P_i$, $\sigma = \sqrt{D}$, $D = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$ де: n - кількість інтервалів в статистичному ряду;

X_i - значення i -го інтервалу;

P_i - експериментальна ймовірність i -го інтервалу;

D - статистична дисперсія; N - кількість проб.

Значення вказаних величин для суміші, одержаної в електромагнітному полі дорівнюють: $X=0,152$; $\sigma=0,0092$. При цьому середнє значення \bar{X} не повинно сильно відрізнитись від долі ВВ в загальному об'ємі композиції. Якщо опостерігалось розходження, то для визначення його значимості розглядали відхилення експериментального розподілу від нормального користуючись критерієм Пірсона χ^2 . Розрахункове значення критерію Пірсона для композицій одержаних традиційним способом /в розчині сірчаної кислоти/ і в електромагнітному полі, відповідно дорівнює 38,3 і 32,3. В останньому випадку розрахункове значення критерію менше табульованого $\chi^2_{\text{крит.}} = 35$. Це свідчить про те, що зміна вмісту ВВ в пробах, одержаних в електромагнітному полі відповідає нормальному закону розподілу, а композиція, що вивчалась являється випадковою. Для кількісної оцінки рівномірності розподілу ВВ використовували показник Лейбі, який знаходили із рівняння $M = (S_0 - D) / (S_0 - S)$, де: $S = S_0 / 100$ - дисперсія розподілу; $S_0 = a - 1/a$ - дисперсія повністю незмішаної системи; a - доля ВВ в загальному об'ємі композиції. Проведені розрахунки дали значення показника M для композицій, одержаних в розчині і електромагнітному полі, рівні відповідно 0,64 і 1,0. Враховуючи те, що M змінюється від нуля /в випадку повністю незмішаної системи/ до одиниці /ідеальне змішування/ можна зробити висновок, що електромагнітний спосіб армування полімерів дозволяє створити матеріали в ідеальним розподілом ВВ в полімерній матриці.

Зараз найбільш часто полімерні матеріали модифікують порошкоподібними наповнювачами. Однак це не дозволяє досягти бажаних результатів в зв'язку з різким зниженням механічних характеристик композитів, що значно обмежує застосування таких матеріалів в конструкціях сільськогосподарських машин, які зазнають динамічних навантажень. Враховуючи це, в роботі був запропонований інший шлях підвищення довговічності рухомих з'єднань сільськогосподарських машин за рахунок застосування полімерних матеріалів, армованих хімічними волокнами. Переваги таких наповнювачів, порівняно з порошкоподібними, явно від-

ні-при-розгляданні властивостей композитів на основі фенілону, ароматизованого хімічними волокнами /табл. 3.І./

Таблиця 3.І.

Характеристики композитів на основі поліаміду фенілон С-І

Наповнювач	Вміст, мас. %	Фізико-механічні властивості			Відносна зміна трибологічних характеристик	
		Поріг текучості при сжиманні, МПа	Твердість по Брінелю, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²	Знос ^к	Коефіцієнт тертя
Без наповнювача	-	236	328	32	1,00	1,00
Карбонільний нікель	15	255	460	35	0,22	1,50
Алюміній	15	249	290	36	0,33	1,66
Титан	15	264	400	34	0,44	1,70
Графіт	20	205	320	27	0,02	0,50
Нітрид бору	20	189	316	25	0,10	0,60
Фторопласт	20	204	250	21	0,25	0,80
Волокно фенілон	5	271	406	43	0,42	0,67
Волокно терлон	10	305	340	43	0,03	0,40
Волокно сульфон Т	10	230	260	33	0,50	0,95
Волокно армід Т	15	280	502	25	0,07	0,50
Волокно оксалон	15	297	206	38	0,10	0,51
Волокно дола	15	259	270	32	0,28	0,49
Вуглецеве волокно	15	293	490	22	0,025	0,29

^к Знос, як і коефіцієнт тертя фенілону, умовно прийняті за одиницю. Абсолютні показники значення зносу та коефіцієнту тертя фенілону рівні відповідно 34 мкм/км і 0,4 /швидкість ковзання 0,3 м/с; питомий тиск 0,6 МПа/. Процес тертя без мастила здійснювався на дисковій машині тертя. Контактіло - сталевий диск /сталь 45, термооброблена до твердості 45-48 HRC, шершавість поверхні R_a=0,32мкм/

Вибір наповнювача, з одного боку, визначався його механічними та трибологічними характеристиками, з другого - хімічною опірністю до полімерної матриці. Як наповнювачі використовували метали, тверді мастила, хімічні волокна; полімерною матрицею на даному етапі досліджень був ароматичний поліамід фенілон С-І.

Зміцнююча дія металічних наповнювачів проявляється в збільшенні на 10-30% показників механічних характеристик та в 2,5 рази зносостійкості композитів. Більш значне зниження зносу композитів з карбонільним нікелем обумовлено наявністю на його поверхні вуглецю, який виконує в умовах сухого тертя роль мастила. Недивлячись

на підвищення механічних характеристик, в випадку використання металічних наповнювачів, опостерігалось підвищення в 1,5-1,7 раза коефіцієнту тертя, порівняно з ненаповненим полімером. Пояснення цьому факту слід шукати в збільшенні адгезійної складової сили тертя наповняч-металічне контртіло. На відміну від металів наповнення феніло-ну твердими мастилами погіршує механічні властивості. Значне зниження зносу та коефіцієнту тертя /відповідно в 10-40 і 1,5-2,0 рази/ композитів з мастилами свідчить про їх активну участь в процесі тертя. Порівняння характеристик наповненого і армованого феніло-ну показало, що останній напрямок більш перспективний. Армовані пластики мають в 1,5 рази вищі показники твердості та міцності. Ударна в'язкість збільшується при використанні волокон феніло-ну та терлон. Загальними для всіх армованих пластиків являються низькі величини коефіцієнтів тертя. Найбільше підвищення зносостійкості /в 30-40 разів/ і зниження коефіцієнту тертя досягається при використанні таких наповнювачів як терлон та ВВ. Це можна пояснити високою міцністю цих волокон, а також структурним ефектом: вони викликають значну зміну морфології матриці. В першому випадку спостерігається фібрилізація, в другому - сферолітизація, що як відомо сприяє покращенню зносостійкості та міцності. Враховуючи те, що оптимальне поєднання властивостей досягнуто при використанні органо- та вуглецевих волокон, вони були вибрані для подальших досліджень по вивченню їх властивостей.

Вивчення впливу міцності армуєчих органоволокон на трибологічні характеристики композитів показало /рис. 3.1/, що найбільше зниження інтенсивності зносу і коефіцієнту тертя досягається при збільшенні

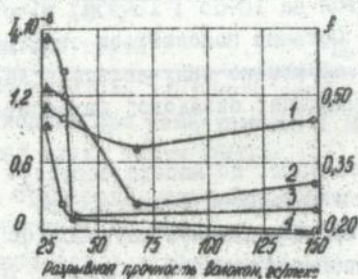


Рис. 3.1. Залежність інтенсивності лінійного зносу /1,3/ і коефіцієнту тертя /2,4/ органопластиків на основі ПА-6 /1,2/ і феніло-ну С-2 /3,4/, з вмістом відповідно 30 і 10 мас.% волокон: ● - вніівлон, ○ - лода, Δ - сульфен-Т, ● - терлон

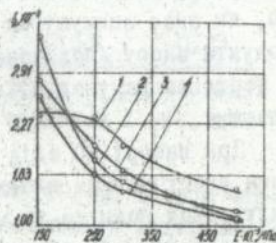


Рис. 3.2. Вплив модуля пружності ВВ на інтенсивність лінійного зносу ВІ на основі феніло-ну С-1 /1,2/ і С-2 /3,4/; продукти зносу не вилучались /1,3/ та вилучались /2,4/. Із контртіла бумагов марки SIA500

розривної міцності волокон до 40 /для плавких термопластів/ \pm 60 гс/теко /для термостійких полімерів/. Подальше збільшення міцності волокон практично не впливає на властивості композитів. В цілому, по ефективності впливу на покращення зносостійкості і антифрикційних властивостей армуючі волокна можна розмістити в оліуючий ряд: терлон > вніівлон > еримід-Т > ясла > сульфон-Т > оксалон.

Таким чином, максімальний ефект досягається при використанні найбільш близьких по природі до полімеру армуючих волокон. Що стосується впливу модуля пружності волокна на трибологічні властивості, то з одержаних результатів /рис. 3.2/ видно, що на знос ВП найбільш сильно відбивається зростання модуля пружності до $300 \cdot 10^9$ МПа. При подальшому його збільшенні знос ВП практично не змінюється, в той час як міцність та еластичність ВП зникають.

Вивчення впливу кінцевої температури термічної обробки /ТТО/ ВВ на тертя та знос ВП на основі СР-ОГО дозволило зробити наступний висновок: ВП, армовані ВВ з ТТО 1673-2673 К можуть бути використані як антифрикційні матеріали при умові, що швидкість ковзання не буде вища 0,5 м/с; при збільшенні швидкості до 1 м/с вої ВП мають коефіцієнт тертя 0,35-0,85 і можуть бути рекомендовані для виготовлення деталей фрикційного призначення. Звертає увагу на себе той факт, що найбільш істотно властивості ВП змінюються при переході від ВВ з ТТО 1473 до ВВ з ТТО більше 1673 К. Так, знос, коефіцієнт тертя, температура в зоні контакту в даному випадку при зміні навантаження від 6 до 16 МПа /швидкість ковзання 0,5 м/с/ зменшується відповідно в 1,7-13,8 ; 1,3-9,2 рази, на 4-16 К. При збільшенні швидкості з 1 до 3 м/с /0,8 МПа/ коефіцієнт тертя і температура в зоні контакту підвищуються на 10-65 і 18-33%, в той час, як знос знижується в 1,5-4 рази. Останнє пояснюється тим, що продукти зносу /подрібненні ВВ/ більш ефективно вилучаються з зони тертя за рахунок збільшення тангенціальної складової швидкості ковзання.

При виборі ВВ слід враховувати той факт, що масове застосування високоміцних високомодульних ВВ в народному господарстві лімітується поки що їх високою вартістю, обумовленою технологічною складністю виробництва, відносно низьким виходом продукції та значною вартістю вихідної волокнистої сировини. Тому для подальших досліджень були вибрані анізотропні ВВ широкого вжитку, які одержують із гідратцелюзових волокон /углен-9, грален-2/ і поліакрилонітрильних волокон /евлон, коккор-Т/. Дані ВВ характеризуються малим і середнім модулем пружності і належать до вугільних

/углен-9, евлон/ і графітованих /грален-2, конкор-1/, вони дешеві, прості у виробництві, яке має широку сировинну базу. Як свідчать результати досліджень /табл. 3.2./ариування волокном конкор-1, яке має більш високий модуль пружності, порівняно з волокном евлон, дозволяє підвищити твердість, одначе ударна в'язкість при цьому дещо знижується. Це можна пояснити дефектністю ВВ з середнім мо-

Таблиця 3.2.

Властивості вуглепластиків на основі фенілону С-2

Показники	Марка волокна			
	на основі гідратцелюлосних волокон		на основі ПАВ-волокна	
	углен-9	грален-2	евлон	конкор-1
В л а с т и в о с т і в о л о к н				
Діаметр, ккм	7-9	7-8	12-14	11-13
Модуль пружності, ППа	15-18	30-45	100-140	150-220
Напруження при розтягуванні, МПа	600	400	1800	1500
Подовження при розриві /на базі 10 мм/, %	1,3-2,0	0,8-1,2	1,6-2,6	1,3-1,8
Крихкість, ум.од.	20-40	50-200	30-60	40-60
В л а с т и в о с т і в у г л е п л а с т и к і в				
Густина, кг/м ³	1371	1360	1384	1391
Твердість по Брінелю, МПа	273,5	273,9	259,1	269,1
Ударна в'язкість, кДж/м ²	26,84	25,82	30,57	23,08
Інтенсивність лінійного зносу /х 10 ⁻⁶ /	0,20	0,31	0,81	0,30
Коефіцієнт тертя*	0,23	0,25	0,33	0,23

*Інтенсивність лінійного зносу та коефіцієнт тертя вуглепластиків знаходили при навантаженні 1 МПа, швидкості ковзання 1 м/с, довжині шляху тертя 1000 м.

дулем пружності, яка збільшується з підвищенням ТТО, що в свою чергу приводить до утворення графітових структур з низькою поверхневою енергією і хорошою змочуваністю та адгезією матриці до ВВ. В той же час коефіцієнт тертя та знос ВВ на основі ВВ конкор-1 нижчі, чим у ВВ на основі волокна евлон, що зв'язано, ймовірно, з утворенням тих же графітових структур. Для ВВ на основі гідратцелюлосних волокон механічні показники змінюються так само, як і для волокон на основі поліакрилонітрилу. Одначе для волокна грален, яке має більшій модуль пружності, порівняно з волокном углен, спостерігається

деяке збільшення коефіцієнту тертя та інтенсивності лінійного зносу, що пояснюється зростанням крихкості волокон, яке виникає у низькомодульних ВВ з ростом модуля пружності. В цілому аналіз властивостей ВП показує, що низькомодульні ВВ на основі Ц-волокон ефективніші як армуючі наповнювачі порівняно з ПАН-волокнами. Найменшими коефіцієнтом тертя і зносом характеризується ВП, армований ВВ углен-9, що має одночасно хороші механічні та економічні показники. Тому для подальших досліджень були вибрані матеріали, армовані даним волокном.

Одним із перспективних видів ВВ являються ЕВВ, а саме, Ме-ВВ. Використання таких наповнювачів приводить до покращення антифрикційних властивостей, підвищення зносостійкості та твердості ВП в значно більшій мірі, чим при армувані і немодифікованими ВВ. По їх впливу на покращення трибологічних та фізико-механічних характеристик ВП Ме-ВВ розміщуються в наступний ряд:

$$Al-BB > Zn-BB > Sn-BB > Fe-BB > Si-BB > Pb-BB.$$

Характеризуючи властивості ВП, армованих Ме-ВВ, слід вказати на унікальні особливості пластиків, армованих Си-ВВ, які отримують водневий знос та здатні до вибіркового переносу. При цьому ефект беззносності реалізується при вмісті волокна не менше 30%.

Вивчення впливу режимів експлуатації на коефіцієнт тертя f та інтенсивність лінійного зносу J_n ВП на основі фенілолу показало, що зменшення вказаних характеристик корелює зі збільшенням механічних властивостей матеріалу, які змінюються симпатно вмісту волокна. Особливо значне покращення J_n і f спостерігається при введенні ВВ до 15 мас.%. При подальшому збільшенні вмісту ВВ помітного впливу на зміну антифрикційних властивостей ВП не спостерігається. Однак температура в зоні тертя продовжує знижуватися, що надзвичайно важливо, так як зменшується можливість термічної деструкції полімера, що приводить до збільшення вантажопідйомності вузла тертя. Виявлено, що в початковий період експлуатації підшипники із ВП мають самий низький f . Після 1600-2500 м шляху f починає збільшуватися. Шлях тертя, починаючи з якого це спостерігається, обернено пропорційно-

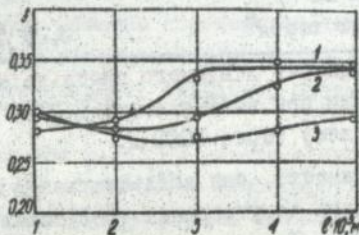


Рис. 3.3. Зміна коефіцієнту тертя ВП в залежності від пробігу і вмісту ВВ: 1 - 15; 2 - 10; 3 - 5 мас.%

нальний шифоту ВВ в ВП. Досягнувши значення 0,33-0,34 на шляху 3000-5000 м, f стабілізується, що, певно, можна пояснити наступним чином: в процесі зношування утворюються дрібнодисперсні продукти зносу, що заповнюють мікровпадини на поверхні контртіла, при цьому тертя реалізується вже не по сталі, а по продуктах зносу. При вмісті ВВ 5 мас.% /рис. 3.3, крива 3/ шлях 5000 м недостатній для досягнення стабільного f . Спеціально проведені досліді показали, що в даному випадку f стабілізується після 8500 м. Відповідальними за підвищення f являються продукти зносу РЧ, а не зв'язуючого, чим і пояснюється факт найбільш швидкої стабілізації f при вмісті ВВ 15 мас.% /крива 1/.

При дослідженні впливу питомого тиску P і швидкості ковзання V на f , T_h і температуру, яка розвивається в зоні тертя T показало, що зміна V від 1 до 2 м/с супроводжується зменшенням T_h /рис. 3.4.а/. Подальше збільшення V супроводжується ростом T_h . Зменшення f при швидкості до 2 м/с обумовлено, з одного боку, скороченням фрикційного зв'язку ВП-сталь, з другого - збільшенням тангенціальної складової швидкості ковзання, що сприяє ефективному видаленню часток зносу із зони тертя. Температура

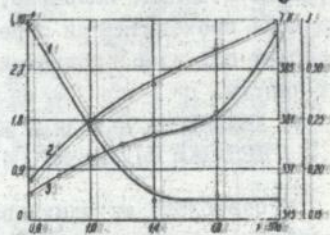
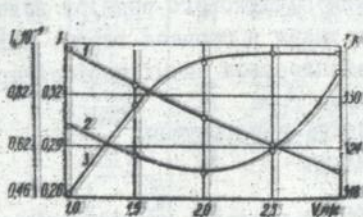


Рис. 3.4. Залежність коефіцієнту тертя /1/, інтенсивності лінійного зносу /2/ і температури в зоні контакту /3/ вуглепластика з вмістом волекана 15 мас.% від швидкості ковзання /а/ та питомого навантаження /б/

підвищується до 2 м/с, далі стабілізується. Деяко інший характер досліджуваних величин спостерігається при збільшенні P /рис. 3.4б/. В даному випадку f до 1,4 МПа змінюється антибатно T_h і T . Стабілізація f після 1,4 МПа обумовлена досягненням максимальної площі фактичного контакту між поверхнями, які труться. Для ВП при одних і тих же РУТ в випадку зміни V має менше значення чим при зміні P , так як в останньому випадку більші P і час фрикційного зв'язку ВП - контртіло.

Що стосується особливостей зношування плавких вуглепластиків, то дослідження поверні тертя ВП на основі ПА-6 показало, що

при стиранні зразків при 0,6 МПа утворюється гладка окловидна поверхня, на якій чітко видні частинно розміщені ВВ. Поверхневий шар матеріалу характеризується високою зносостійкістю і низьким коефіцієнтом тертя, які практично не змінюються при збільшенні вмісту волокна від 10 до 30 мас.%. Продукти зношування утворюються в незначній кількості і в основному видаляються в процесі тертя за межі контакту. Однак невелика частина зв'язуючого і подрібнених ВВ намазується на контргіло. Вказані факти свідчать про те, що в даному випадку реалізується псевдопружний механізм стирання ВП. Зі збільшенням тиску до 0,8 МПа характер і, отже, механізм стирання поверхні ВП зостається таким же, хоча кількість продуктів зносу на контргілі збільшується. При $P=1$ МПа вигляд поверхні тертя ВП значно змінюється, а саме: волокна орієнтуються в напрямку тертя, проходить порушення їх рівномірного розподілу, на контргілі з'являються в великій кількості довгі волокна, не зламні в процесі зношування, а видерті з матриці, що служить доказом розм'якшення поліаміду на плямах контакту. Механізм зношування в даному випадку представляє собою комбінацію із псевдопружного та пластичного, з перевагою першого із них. В процесі вивчення мікроструктури ВП було виявлено, що діаметр часток волокон складає 1,5 мкм. Ймовірно, що зменшення початкового розміру волокна може проходити при переробці ВП, а також в процесі тертя, коли волокно під дією зовнішніх зусиль розщеплюється на мікрофібрилярні частки.

4. ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА КОНСТРУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Розроблена методика включає: вибір матеріалу; розрахунки деталей рухомих з'єднань /рідинне, граничне та сухе тертя/; констрування пресформ та технологій виготовлення деталей із ВП.

При виборі матеріалу для деталі користувались даними досліджень розроблених ВП /табл. 4.1/. Вивчення впливу вмісту ВВ на тертя та знос ВП показало, що уже при вмісті ВВ 10 мас.% спостерігається збільшення зносостійкості більш чим на два порядки і зниження f більше чим в два рази. Подальше збільшення вмісту ВВ практично не впливає на тертя та зносостійкість. Звідси був зроблений висновок, що деталі рухомих з'єднань сільгоспмашин, які працюють в легких умовах при $P < 0,6$ МПа·м/с доцільно використовувати з ВП, армованих 10 мас.% ВВ на основі аліфатичних поліамідів, надвисокомолекулярного поліетилену /НПЕ/ і пентапласту або поліпропілену з вмістом ВВ 40 мас.%. Для деталей вузлів тертя, що працюють в

Таблиця 4.1

Фізико-механічні, теплофізичні та трибологічні властивості вуглепластиків

Наповнювач	Поріг текучості при сжиманні, МПа	Твердість по Брінелю, МПа	Теплостійкість по Віка, К	Теплопровідність, Вт/м·К	Інтенсивність зносу, $\frac{10^{-8}}{x10}$	Коефіцієнт тертя	μ , МПа·м/с
Надвисокомолекулярний поліетилен	73-106	137-169	340-346	0,34-0,82	0,10-2,36	0,30-0,40	1,2
Дніпролон	139-240	250-340	570-593	0,32-0,35	0,60-1,60	0,10-0,20	4,0
Полівінілхлорид	91-119	164-186	369-376	0,28-0,62	0,24-15,3	0,20-0,30	0,4
Поліацетат	III-133	108	436-441	0,35-0,67	0,20-2,51	0,30-0,22	0,6
Поліамід-6	90-114	88,3	448-476	0,50-0,91	0,09-0,38	0,16-0,22	2,0
Поліамід-6,6	110	87,6	479-523	0,59-0,74	0,13-0,51	0,16-0,34	2,0
Поліамід-12	82,5-84	116,9	423-444	0,32-0,88	0,12-0,35	0,13-0,30	1,8
Поліакрилон	245-305	206-450	553-533	0,27-0,55	0,07-0,30	0,16-0,34	5,0
Поліакрилон-кополімер БСП-7	I-1-162	80-140	459-462	0,33-0,52	0,13-0,14	0,18-0,20	1,8
Поліакрилон-кополімер	235-250	71-73**	523-540	0,35-0,50	2,80-9,40	0,07-0,30	5,0
Полібенілінінокоалін	175-190	253-393	553-593	0,24-0,36	0,14-0,30	0,11-0,21	5,0
Полісульфон	114,5*	-	498	1,48	1,30-7,70***	0,21-0,40	12
Полібеніленсульфід	81,8-92**	92,6-105,4***	431	1,40	0,47***	0,42-0,50	1,9
Рідиннокристалічні полімери	102-135	75,3-80,5***	450-493	0,40-0,67	0,06-6,67	0,16-0,34	8,0
Поліпропілен	46-60	55-85	395-420	-	0,05-12,0	0,18-0,46	0,8
Поліетилентерефталат	172	70,1	524	0,29-0,54	0,07-7,90	0,16-0,35	2,4

* - руйнуєча напруга при розтягуванні; ** - твердість по Роквеллу HR4; *** - схема тертя диск-колотка, в інших випадках - пальчиковий зразок-контртіло, питома навантаження - 0,2-9 МПа, швидкість ковзання - 0,2-3 м/с, шдях тертя - 1000-10000 м. Характеристики приведені для ВП з вмістом ВВ 5-40 мас.%

важких умовах, з врахуванням їх фізико-механічних властивостей рекомендується вибирати ВП з вмістом ВВ 30-40 мас.%. Максимальне РУ в умовах сухого тертя для ВП на основі НВНБ, аліфатичних поліамідів, поліфеніленосульфіду, поліетилентерефталату дорівнює відповідно 1,2; 1,8-2,0; 1,9 і 2,4 МПа·м/с. При підвищенні РУ більше вказаних величин спостерігається різке зростання зносу та коефіцієнту тертя ВП на основі плавких термопластів. Це пояснюється тим, що в таких умовах в зоні тертя розвивається температура близька до температури розм'якшення полімерів, що приводить до скоплення ВП з контртілом і, як результат, до збільшення тертя і інтенсифікації процесу зношування. Тому при жорстоких умовах експлуатації, РУ більше 2,4 МПа·м/с, доцільно використовувати ВП на основі ароматичних поліамідів дніпролон, фенілон, полііміду, рідиннокристалічних полімерів, полісульфону. Деталі з таких матеріалів працюють в умовах сухого тертя при РУ 4 - 12 МПа·м/с, в залежності від марки.

Враховуючи те, що більшість рухомих з'єднань сільгоспмашин працює при одноразовому змицнуванні або в режимі сухого тертя, нижче приведені, як приклад, розрахунки зносу деталей пальчикового механізму шнека жатки зернозбирального комбайну.

Математичну модель процесу зносу одержали застосовуючи теорію Герці. Згідно цієї теорії зона контакту двох тіл з циліндричними поверхнями /рис. 4.1/ представляє собою прямокутник шириною $2b$ і довжиною l . Тиск P в якій точці прямокутника приймається пропорційаль-

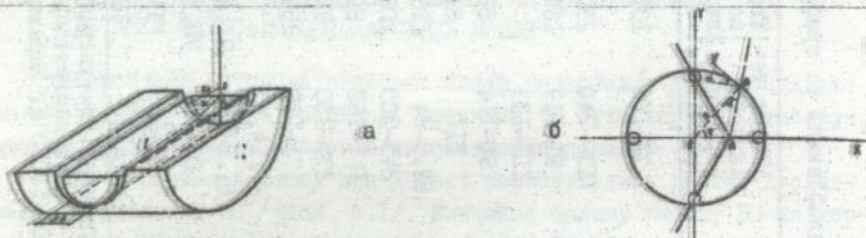


Рис. 4.1. Схема рухомого з'єднання вічко-палець: а - зони контакту; б - переміщування пальців при обертанні шнека жатки комбайна

ним ординаті циліндричної поверхні, що має своїм головним перерізом поверхню контакту. Найбільший тиск розподіляється вдовж прямокутника в точках, рівновіддалених від його сторін. Величини b , P і P_0 знаходили за допомогою формул:

$$b = 1,128 \sqrt{\left(\frac{1-M_1^2}{E_1} + \frac{1-M_2^2}{E_2} \right) \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} N} \quad /4.1/$$

$$P_0 = 0,564 \sqrt{\frac{N}{\left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2}\right) \cdot \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}} \quad /4.2/$$

$$P = P_0 \sqrt{1 - \frac{z^2}{R^2}} = \frac{2N}{\pi b} \cdot \sqrt{1 - \frac{z^2}{R^2}} \quad /4.3/$$

де: μ_1, E_1, r_1 і μ_2, E_2, r_2 - коефіцієнти Пуассона, модулі пружності /МПа/, радіуси /см/ відповідно для сталюого пальця та вічка із ВП; N - величина сили, що стискує вічко та палець і приходить на одиницю довжини, кг/см.

Сила N залежить від кута α між віссю симетрії пальця та напрямком діаметра труби шнека і визначається за допомогою формули:

$$N = \frac{M_{max}}{(R - \frac{d}{2})Kl} \cos \alpha = \frac{R_{max}}{(R - \frac{d}{2})Kl} \cdot \frac{(R - \frac{d}{2}) - d \cos \psi}{\sqrt{(R - \frac{d}{2})^2 + d^2 - 2(R - \frac{d}{2})d \cos \psi}} \quad /4.4/$$

де: M_{max} - максимальний крутний момент /40 кг·м/ при якому опрацьовує запобіжна муфта шнека жатки; R - радіус труби шнека, 15 см; l - довжина твірної отвору вічка, 3 см; K - кількість пальців в одному ряду /3 або 4/; d - величина зміщення осі обертання пальців від осі обертання шнека, 0,58 см; $\psi = 2\pi pt$ - кут ψ , на який повертається шнек за час t при швидкості p , об /хв.

Найбільше навантаження в рухомому з'єднанні виникає в випадку коли крутний момент шнека жатки оприймається одним пальцем, наприклад, при попаданні стороннього предмету в момент максимального викиду пальця. Підставивши знайдені для цього випадку значення N в формули 4.1-4.3 знайшли ширину смужки зони контакту /28/ - 0,109 см, найбільший /115,9/ та середній тиск - 91,1 МПа. Картина розподілу тиску в зоні контакту палець-вічко /фенілон С-2 з вмістом ВВ 15 мас.%, що виникає під дією на шнек M_{max} представлена на рис. 4.2.

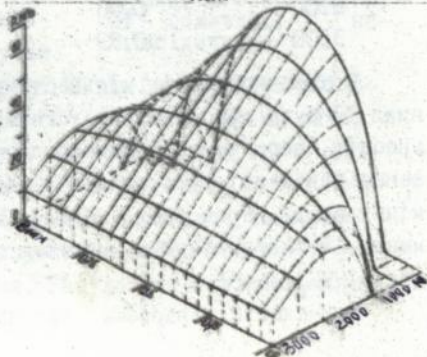


Рис. 4.2. Зміна тиску в зоні контакту палець-вічко, в залежності від координати точки контактуючої поверхні і кількості обертів шнека жатки комбайна / $K = 3$ /

Підставляючи в емпіричну залежність /4.5/ інтенсивності зносу ВП /одержана в результаті обробки експериментальних даних/

$$\dot{V}_n = -18,95 + 14,29P + 18,22V - 0,24P^2 - 4,30V^2, \quad /4.5/$$

де: P - тиск; V - швидкість ковзання, відповідно, в Мпа і м/с. Формули для тиску /4.3/ і /4.6/ - для швидкості пальця відносно вічка в кожний момент часу:

$$V = \frac{ds}{dt} = \frac{1836 \sin 2nt \sin 2nt}{2285 - 1836 \cos 2nt} \quad /4.6/$$

можна розрахувати інтенсивність зносу в кожній точці поверхні контакту. На рис. 4.3 представлені розрахункові значення зносу вічка при дії максимального крутного моменту, а в таблиці 4.2. - основні параметри, що характеризують поверхню зношування вічка із ВП при різній тривалості його експлуатації.

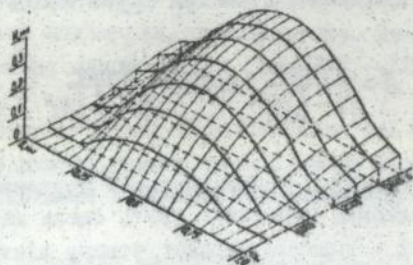


Рис. 4.3. Знос вічка з залежністю від координати точки контактуючої поверхні і кількості обертів шнека жатки /K = 3/

Для виготовлення деталей із ВП було сконструйовано біля 20 пресформ /ПФ/, які відрізнялись простотою конструкції, компактністю та економічністю, що надає можливість вести переробку, практично без відходів, як термостійких, так і плавких матеріалів.

Таблиця 4.2.

Кількість обертів шнека	Максимальний лінійний знос	Ширина смужки контакту, мм	Середній радіус кривизни, мм
500	0,12	0,64	7,35
1500	0,28	0,96	7,14
2500	0,36	1,66	7,01
3500	0,39	4,64	7,00

В залежності від кількості виробів, що виготовляються за 1 цикл ПФ були одно- та багатогніздними і складались з матриці, пуансонів /верхнього та нижнього/, знака. Зменшення ваги і збільшення швидкості охолодження ПФ досягали, використовувачи високоміцні сталі марок 9ХС, 12ХН3А, ХВГ, сталь 45. Формуючі деталі елементи ПФ виготовляли з чистотою поверхні $R_a = 0,1-0,16$ мкм і твердістю HRC₂ 36-61.

Технологія переробки включала наступні основні операції:

приготування композиції в електромагнітному обертальному полі, таблетування /слід враховувати, що під час сушки розміри заготовки збільшуються на 1,5-2%, порівняно з розмірами форми/, сушка на протязі 2-3 годин при температурі на 50 К меншій температури розм'якшення полімера і формування при тиску 45-100 МПа і витримці з розрахунку 1 кв/мм товщини деталі.

5. ЗАСТОСУВАННЯ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ МАШИНОБУДУВАННІ

Розроблені ВП на протязі 1978-1992рр. проходили стендові та широкі польові випробування, в процесі яких було встановлено, що вони можуть успішно застосовуватися для заміни різноманітних конструкційних матеріалів в наступних сільськогосподарських машинах і механізмах.

5.1. Експериментальні комбайни

Підшипники підбирача. Заміна дерев'яних напівпідшипників на деталі з ВП на основі дніпролону, полісульфону та фенілону /рис. 5.1/, як показали трьохрічні польові випробування в колгоспі ім.Ватутіна Київської області, забезпечує підвищення довговічності не менше, як в три рази. Так, знос за сезон напівпідшипників із ВП, в залежності від виробітку комбайна, коливався в межах 0,2-0,3 мм. Для порівняння - знос сферичних аналогів із пресованого бука в тих же умовах складав 0,9-2,0 мм, що як правило, потребувало їх заміни.

Вічка шнека жатки зараз, в основному, виготовляються із ПА-6. Досягнутий строк служби не перевищує 532 при необхідності 2000 годин. Із-за вказаної різниці витрати вічок в запасні частини складають 450-520 штук на 100 комбайнів при загальній потребі 16-21 шт. на комбайн. Враховуючи це, для виготовлення вічок були отворені ВП на основі ПА-6 /ТУ 6-06-31-423-83/ та ПА-12 /ТУ 6-06-31-424-83/. Випробування вічок із ВП проведені на спеціальному стенді, що представляв собою зібраний пальчиковий механізм із середньою частиною шнека жатки, розміщений в герметичній камері. На дно камери насипався кварцевий пісок, який в процесі обертання прокизували пальці, створюючи умови для імітації абразивного зношування. Результати порівнювальних

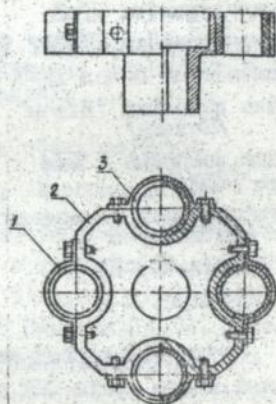


Рис. 5.1. Конструкція експериментального вузла: 1 - кріпштейн; 2 - фокovina; 3 - напівпідшипник

випробовувань /табл. 5.І/ свідчать про те, що ВП задовольняють умовам роботи вічка в комбайні і по своїм характеристикам перевершують відомі матеріали, рекомендовані для його виготовлення.

Таблиця 5.І.

Знос вічок пальчикового механізму шнека жатки

М а т е р і а л и	ГОСТ, ОСТ, ТУ	Середній знос за 600 годин роботи, мм
Капрон первинний марки Б	ОСТ 6-06-І4-70	0,95
Капролон В	ТУ 6-05-988-75	1,60
Самозмазучий антифрикційний матеріал /САМ/	ТУ 88-БРСТ. 2279	0,73
Сополімер формальдегіду з діоксоланом СЗД-ЗСС	-	2,90
Масляніт Д-І2	ТУ 100-80 ОКБ "Оріон" /и.Новочеркаськ/	0,85
Пресована деревина	-	2,0/ за 300 год./
Металокераміка МГрЗ	ТУ І4-І-І009-74	0,77-І,85
Металокераміка МГр2Д,5	ТУ І4-І-І009-74	2,0/ за 420 год./
Алюмінієвий сплав АК-7	ГОСТ 2685-75	2,0/ за 130 год./
Вічко комбайна "Бізон" /Польща/	-	2,0/ за 420 год./
Вічко комбайна "John Deere" /США/	-	1,8-2,0 / за 400 год./
Вуглепластики на основі:		
поліаміду-6	ТУ 6-06-3І-423-83	0,49
поліаміду-І2	ТУ 6-06-3І-424-83	0,53
фенілону С-2	ТУ 0493679-2І-86	0,35

Проведені широкі польові випробовування вічок в умовах ІМС в різних зонах країни СНД підтвердили переваги ВП. По результатах досліджень прийнято рішення про серійне впровадження вічок із ВП, необхідна для цього конструкторська документація передана Тульському комбайновому заводу.

Вкладиші соломотрясу із ВП на основі фенілону та поліаміду випробовувались в ГСНБ /и.Татарног/ безпосередньо на соломотрясах-отендах. На відміну від серійних шарикопідшипників експериментальні вузли не зношувались. Всі вкладиші із ВП успішно пройшли 500-годинні випробовування і мали незначний знос, що не перевершував 0,2 мм.

Підшипники граблин соломо- та половонабивача. Випробовування підшипників із фенілону та сульфарилу БСП-7, армованих ВВ, прово-

дили на комбайні-стенді "Нива", що працював на відкритій площадці ВО "Ростсільмаш". Підшипники були встановлені на вал соломонабивача замість серійних із пресованого бука. Загальне максімальне зусилля, створене трьома пружинами складало 2 МПа. В мастило /оолідол УС/ добавлялось 5% чорнозему, просіяного крізь сито 0,1 мм. Аналіз результатів мікрометражу показав, що за 100 годин роботи комбайна-стенда середній знос експериментальних підшипників складав 0,1, а за 320 годин - 0,23 мм. Величина зносу серійних підшипників в аналогічних умовах за 58 мото-годин складає 1,3 мм, тобто в 6 разів більше, ніж у ВП за 320 мото-годин. В процесі польових випробувань в господарствах Дніпропетровської, Житомирської, Київської та Хмельницької областей підшипників із ВП /рис. 5.2/ установлено, що порівняно з серійною конструкцією їх довговічність вища в 6-7 разів. Експериментальні вузли не потребують змащування, а також трудовитрат на технічне обслуговування.

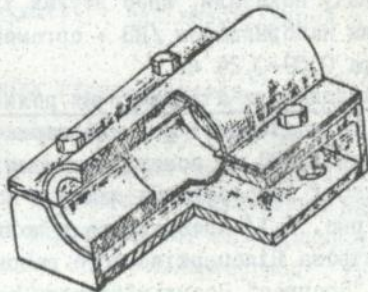


Рис. 5.2. Підшипник граблин ооломонабивача з вкладами із вуглепластика

5.2. Кукурудзозбиральні комбайни КСКУ-6 "Херсонць-200"

Як об'єкт дослідження, для оцінки експлуатаційних характеристик та визначення перспективи застосування в конструкції комбайна, були вибрані втулки буксирного пристрою та вкладки огороження карданного валу, виготовлені в ВП на основі ПА-6 та ПА-12. Польові випробування комбайнів, укомплектованих деталями із ВП, в яких вміст ВВ 20-30 мас.%, проводились на Херсонському комбайновому заводі, в Українському центрі випробування техніки, господарствах Дніпропетровської, Одеської областей та Молдови. Результати дворічних випробувань показали, що деталі визначаються високою надійністю, не потребують особливого технічного догляду і здатні до подальшої експлуатації.

5.3. Бурякозбиральні машини

Автомати водіння по рядках. Умовою нормальної їх роботи являється справність паралелограмних підвісок, в яких використовуються голчаті підшипники №94/20. Враховуючи це, для їх заміни були використані підшипники ковзання із ВП на основі аліфатичних поліамідів, поліетилен-тереофталату та НРПЕ. Експериментальні дета-

лі проходили випробування в колгоспі "Щорський" Васильківського району Київської області, ЦЧ МВС Курської області, господарствах Полтавської області. За період експлуатації машин відмов в роботі автоматів не було, при цьому надійність вузлів тертя підвищилась в 2-3 рази, а затрати на технічне обслуговування скоротились.

Втулки запобіжних муфт. Господарчі випробування машин з експериментальними деталями, що проводились на протязі трьох років на дослідних полях НДІ НЗ України та Дніпропетровського комбайнового заводу показали: знос втулок із фенілону, армованого ВВ та гібридним наповнювачем /ВВ + органіволокно/ складав відповідно 0,15-0,29 та 0,09-0,24 мм.

Підшипники підтримувачів роликів. З метов збільшення довговічності та надійності роликів шарикопідшипник замінили на підшипник ковзання із ВП на основі фенілону, дніпролону, сульфарилу БСН-7.

Господарчі випробування машин з новими роликами /рис. 5.3/ проводились в колгоспі імені Г.Димитрова Білоцерківського району та в колгоспі "Прогрес" Васильківського району Київської області. Експериментальні підшипники були встановлені на поперечний, подовжній і вигрузний транспортери машин РС-6. За два уборочних сезона під час відомчих та державних випробувань найбільший знос підшипників /0,41 мм/ спостерігався в роликах вигрузного транспортера, це пояснюється тим,

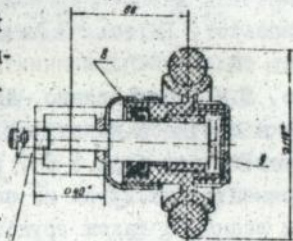


Рис. 5.3. Піддержувчий ролик РС-6

що даний транспортер, порівняно з другим, більш навантажений в період роботи. Знос підшипників, що працювали в роликах подовжного та поперечного транспортерів в середньому складав 0,11 - 0,17 мм, що приблизно в два рази менше, ніж на вигрузному.

В цілому, результати випробувань деталей із ВПконструкції бурякозбиральних машин свідчать, що вони з успіхом можуть використовуватись для заміни голчатих підшипників та шарикопідшипників. Це дало можливість ВНІДМОТ рекомендувати їх для впровадження в серійне виробництво.

5.4. Дошдувальні агрегати ДДА-100 М

Сопла короткострумих насадок. В серійних агрегатах встановлені сопла короткострумих насадок із бронзи, а на час контрольних державних випробувань в радгоспі "Янтарний" Херсонської області їх замінили на деталі із ВП, які відпрацювали на поливі виноградників та овочів 244 години /220 га/. Відмов не спостерігав-

лось, тріщин та поломок не виявлено, сопла залишені для подальших ресурсних випробувань.

Втулки безредукторного приводу із ВП на основі поліаміду-12 та фенілону на протязі двох років випробовувались в радгоспах "Каланчакоький", "Ковтень" та колгоспі ім.С.М.Кірова Каланчакоького району Херсонської області. Згідно одержаних даних, ці деталі перевершують по довговічності серійні із текотоліту не менше, як в 2 рази, що дало можливість рекомендувати їх для впровадження в серійне виробництво.

5.5. Шестеренні насоси тракторних гідроагрегатів

Серійні підшипники шестеренних насосів НШ-32 і НШ-50 виготовлені із бронзи в вигляді втулок, встановлених на цапфи шестірни. Експериментальні підшипники пресували із фенілону, армованого Ме-ВЗ і установлювали в збільшені розточки підшипникової та піджимної обойми. Випробування насосів проводили в ОКТБ /м.Кіровоград/. Результати випробувань серійного НШ-32-2 та експериментального НШ-32-3 /табл. 5.2/ на стенді СІН-22 /забрудненість робочої рідини 0,15%/ показали, що насос НШ-32-2 заклинив при тиску 17,5 МПа по всіх чотирьох цапфах, в той час як експериментальний НШ-32-3 зостався в працездатному стані. Після випробувань його розібрали для огляду: відмічено незначний знос втулок із ВП.

Таблиця 5.2

Значення коефіцієнтів подачі насосів

Марка насо- су	Питомий тиск, МПа							
	1	0	7,5	10	14	16	18	20
НШ-32-2	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	заклинив	
НШ-32-3	0,99	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,94

Подальші випробування насоса НШ-32-3 продовжували на стенді КІД-І. Випробування на критичних режимах показало, що при зміні тиску від 14 до 32 МПа коефіцієнт подачі змінюється від 0,96 до 0,92. При огляді поверхні підшипників із ВП замітних змін, порівняно з первісним станом не виявлено. Підшипники із ВП рекомендовані для серійного впровадження в виробництво.

5.5. Скребокві гноєзбиральні транспортери

Під дією агресивного середовища /гною/ і великих радіальних навантажень шарики і сепаратори серійних шарикопідшипників 308 сильно зношуються і кордують, що приводить до їх заклинювання, і

як результат, до зупинки транспортера на ремонт та заміну шарикопідшипників. За час простоя транспортерів, а це трапляється в середньому раз в 1,5-2 місяці, прибирання гною проводиться вручну.

Враховуючи це, взамін шарикопідшипників в поворотній пристрій були встановлені підшипники ковзання із ВП на основі Феніло-ну та полііміду. Підшипник із ВП має менші розміри, порівняно з двома шарикопідшипниками №308, встановленими в серійному вузлі, тому для його установки в поворотній пристрій був розроблений спеціальний корпус /рис.5.4/.

Вузли тертя з підшипниками ковзання із ВП впроваджені в господарствах Дніпропетровської, Запорізької, Полтавської областей України, Росії та Литви. Вони, як правило, безвідмовно працюють на протязі 4-8 років, що в 3-5 разів довше, ніж серійні шарикопідшипники. Економічний ефект від впровадження цих підшипників в Дніпропетровській області складає 53 тисячі карбованців в цінах 1990 року.

Виконані по результатам випробовувань конструкторсько-дослідні роботи підтвердили перспективність конструкцій та деталей із ВП, що дало можливість організувати їх серійний вилук на з/о "Хімволокно" /м.Світлогорьк/в.обсязі до 120 тон в рік. Про те, вже сьогодні реально, виходячи з проведених досліджень, застосування ВП в сільгоспмашинобудуванні в об'ємах 200-300 тон в рік зі збільшенням в перспективі вказаної потреби в 2-3 рази.

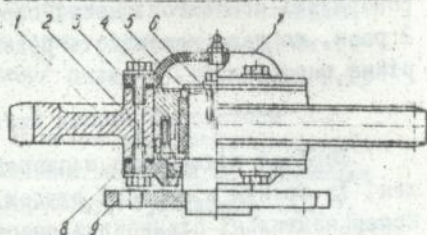


Рис. 5.4. Зірочка/І/ поворотного пристрою ТСН-3,0Б з підшипниками ковзання із ВП /4/

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Робота вміщує науково-обґрунтовані положення і рекомендації, а також комплекс закінчених дослідно-конструкторських розробок, спрямованих на вирішення проблеми підвищення надійності сільгоспмашин, що має важливе народно-господарське значення і полягає в розробці полімерів, армованих хімічними волокнами та деталей і конструкцій рухомих з'єднань, виготовлених з них.

2. Виведені аналітичні залежності для розрахунків зносу, довговічності та конструктивних параметрів підшипників ковзання сільгоспмашин та обладнання, що працюють в режимах рідинного, граничного та сухого тертя.

3. Зроблено теоретичне обґрунтування процесу армування полімерів волокнами в електромагнітному апараті /ЕМА/ і проведена оптимізація режимних параметрів, в результаті які встановлено, що в ролі робочого органа в ЕМА з вихровим шаром слід використовувати феромагнітні частки з параметром $l/d = 4-5$, а величина електромагнітної індукції обертального електромагнітного поля повинна бути, відповідно в межах 0,08-0,12 Тл і 320-380 с. Методами математичної статистики доведено, що спосіб забезпечує створення ізотропних армованих пластиків, що переважають матеріали, створені по традиційній технології по міцності на 20-30%, зносостійкості 13-95 разів.

4. Створені та всебічно вивчені теплофізичні, фізико-механічні та трибологічні властивості нових органо- та вуглепластиків на основі НЕПЕ, поліпропілену, ПВХ, пентапласту, ПЕТФ, полікарбонату, поліарилату, ПА-6, ПА-6,6, ПА-12, дніпролону, фенілону, сульфарила БСП-7, полісульфону, поліфеніленосульфіду, полііміду, ФФС СФ-ОГО та рідиннокристалічних полієфірів.

5. Встановлено, що в органопластиках менший оптимальний вміст волокна та максимальний армуючий ефект досягається при використанні найбільш близьких по природі до полімеру волокон. При цьому найбільше зниження зносу і коефіцієнту тертя спостерігається при збільшенні розривної міцності волокна до 40 /для плавких/ і 60 гс/теко /для термостійких/ полімерів.

6. Оптимальний вміст волокна для термостійких та плавких ВП знаходиться в межах 15-20 та 20-30 мас.%. Найбільш сильно на покращення властивостей ВП впливає ріст модуля пружності ВВ до $3 \cdot 10^4$ МПа, тому з урахуванням вартості ВП слід використовувати ВВ з ТТ що не перевищує 1173 К. Для покращення адгезії ВВ до полімерів рекомендується використовувати Ме-ВВ, які по своєму впливу на покращення трибологічних та фізико-механічних властивостей ВП можна розмістити в ряд:

Al-ВВ > Zп-ВВ > Sn-ВВ > Fe-ВВ > Si-ВВ > Pb-ВВ.

Для ВП, армованих Si-ВВ виявлено ефект беззносості.

7. Запропонована інженерна методика конструювання та виготовлення деталей сільгоспмашин та обладнання із ВП, що включає вибір матеріалу; розрахунки рухомого з'єднання; проектування преєформи та технології виготовлення підшипників ковзання.

8. Стендові та господарчі випробовування деталей із ВП в конструкціях бурякозбиральних машин, зерно- та кукурузозбиральних комбайнів, дождьовальних агрегатів, транспортерів ТСН-3, ОБ, проведені

за участю ведучих конструкторських організацій країн СНД показали, що вони в 1,5-6 разів перевершують по довговічності серійні деталі.

9. Виконані по результатах досліджень ВП /ТУ 6-С6-ЗІ-423-83, ТУ 6-06-ЗІ-424-83, ТУ 493-679-2І-86/ долідно-конструкторські роботи, показали, що уже сьогодні реально їх використання в сільго-опмашинобудуванні в об'ємах 200-300 тонн в рік зі збільшенням в перспективі вказаної потреби в 2-3 рази. Серійний випуск деталей із ВП організовано на виробничому об'єднанні "Хімволокно" /м.Світлогорськ/, Новизна цих розробок захищена 37 авторськими свідоцтвами на винаходи. Економічний ефект від впровадження розробок складає понад 500 тис. карбованців за станом на 1990 рік.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ НАДРУКОВАНІ В ТАКИХ ПРАЦЯХ:

1. Буря А.И., Фомичев И.А., Сытар В.И. Исследование износостойкости армированных пластиков с помощью планирования эксперимента / об. Вопросы химии и химической технологии. -Харьков, 1976.- Вып.42 -с.97-101.

2. Буря А.И., Соколова Т.С., Сприц З.Г. Армирование пластика из фенилона термостойкими волокнами /Химические волокна.-М., 1977.- №3.-с.23-24.

3. А.с. № 780607 СССР, МКІ F 16 C 11/06. Шаровой шарнир /Буря А.И., Благута А.А., Токарев А.В., -Публ. 1980.

4. Буря А.И., Фомичев И.А., Самарин И.А. Переработка и исследование свойств фенилона, армированного полиимидными волокнами / об. Вопросы химии и химической технологии. -Харьков, 1978.-Вып. 52.-с.101-104.

5. А.с. № 658890 СССР, МКІ С 08 L 77/00. Антифрикционная композиция / Буря А.И., Самарин И.А., Захаров А.В., - Публ. 1978.

6. Буря А.И., Фомичев И.А., Соколова Т.С., Волохин А.В., Серова Л.Д. Влияние режимов работы на трение и износ армированного фенилона /Химическая технология.-К., 1978.- №3.-с.24-26.

7. Фомичев И.А., Буря А.И., Губенков М.Г. Получение термостойких полимерных материалов в магнитном поле/Электронная обработка материалов.-Кишинев, 1978.- №4.-с.26-27.

8. Буря А.И. Разработка армированных пластиков для подшипников окользнения зерноуборочных комбайнов /Тезисы докладов Воровской школы молодых специалистов и ученых по актуальным вопросам химизации сельского хозяйства, 1979.-с.267-268.

9. А.с. № 786706 СССР, МКІ С 08 L 77/10. Полимерная композиция /Буря А.И., Абакумова Н.И., Кобец А.С. и др.-Публ.1980.

10. А.с. № 883015 СССР, МКИ С 08 L 77/10. Полимерная термопластичная композиция / Буря А.И., Лысенко А.Т., Токарев А.В., -Публ. 1981.

11. Буря А.И., Лысенко А.Т., Сапов П.М. Исследование полимерных подшипников граблин соломоубивателя зерноуборочного комбайна / Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники в степи УССР. Труды ДСХИ т.45, 1980.-с.67-75.

12. А.с. № 892944 СССР, МКИ С 08 L 71/02. Полимерная композиция и способ ее получения / Буря А.И., Раздольская И.С., Волкова Н.С. и др.- Публ. 1981.

13. Приходько О.Г., Буря А.И. Модифицирование фенилона / Композиционные полимерные материалы.-К., 1981.-Вып.9.-с.25-28.

14. Буря А.И., Приходько О.Г., Бельк В.С. Влияние углеродного волокна на трение и износ полиэтилена / сб. Проблемы трения и изнашивания.-К., 1981.-Вып.20.-с.92-94.

15. Буря А.И., Лысенко А.Т., Азарова М.Т. Разработка, исследование и применение термопластов, армированных химическими волокна и, в узлах трения сельскохозяйственных машин / сб. Вопросы химии и химической технологии.-Харьков, 1981.-Вып.64.-с.60-68.

16. А.с. № 938603 СССР, МКИ С 08 L 77/00. Полимерная композиция / Буря А.И., Кюбец А.С., Николаенко А.И. и др. -Публ. 1982.

17. А.с. № 969012 СССР, МКИ С 08 T 5/16. Полимерная композиция для подшипников скольжения / Буря А.И., Волохина А.В., Кюбец А.С. и др.-Публ. 1982.

18. Буря А.И. Повышение долговечности узлов трения сельскохозяйственных машин / Расчет, прогнозирование и управление индивидуальной надежностью больших механических систем. Материалы IV Всесоюзной школы, 1982, Свердловск-Кострома.-с.19-21.

19. Буря А.И., Николаенко А.И., Захаров А.В. Разработка и внедрение армированных пластиков в узлах трения сельхозмашин / Применение пластмасс в народном хозяйстве в свете решений XXVI съезда КПСС. Материалы семинара. 1982, М.-с.60-63.

20. Буря А.И., Токарев А.В. Органопластики на основе волокон из ароматических полиамидов / сб. Композиционные полимерные материалы.-К., 1982.-Вып.13.-с.43-46.

21. Буря А.И., Богданова Р.В., Захаров А.В. Оценка долговечности деталей корневуборочных машин РКК-6, изготовленных из композиционных материалов / Проблемы снижения материалоемкости, повышения надежности и эффективности машин для животноводства и кормопроизводства. Тезисы докладов конференции, 1982, Ровно.-с.5-7.

22. Буря А.И., Раздольская И.С., Захаров А.В., Лебедь С.Б. Исследование износостойкости материалов, армированных химическими волокнами на основе пентапласта / сб. Производство и переработка пластмасс и синтетических смол.-М.,1982.-Вып.9.-с.10-11.

23. Буря А.И., Лебедь С.Б., Леви А.Г. Применение армированных пластиков для ремонта зерноуборочных комбайнов / Современное оборудование и технологические процессы для восстановления изношенных деталей машин. Тезисы докладов конференции, 1983, Киев, ч.2.-с.151-152.

24. А.с. № 1029871 СССР, МКИ А 01 D 35/00. Глазок шнека жатки / Буря А.И., Николаенко А.И., Лысенко А.Т. и др.-Публ.1983, Фл.№27.

25. Буря А.И., Захаров А.В., Николаенко А.И. Опыт применения углепластиков в конструкциях зерноуборочных комбайнов / Композиционные материалы и их применение в народном хозяйстве. Тезисы докладов конференции, 1983, ч.2.-с.26.

26. А.с. № 1062649 СССР, МКИ С 08 L 27/06. Термопластичная композиция / Буря А.И., Дорофеев В.Т., Лебедь С.Б. и др.-Публ.1983.

27. Молчанов Б.И., Котомин С.В., Буря А.И., Захаров А.В. Антифрикционные свойства некоторых термопластов, наполненных углеродными волокнами / Пластические массы.-М.,1983.-№11.-с.21-23.

28. Буря А.И., Леви А.Г., Захаров А.В., Азарова М.Т. Трение и изнашивание армированного полиамида-12 / сб.Проблемы трения и изнашивания.-К.,1983.-Вып.24.-с.54-58.

29. Буря А.И., Леви А.Г., Захаров А.В., Николаенко А.И. Эффективность применения углепластиков на основе полиамида 6 в узлах трения сельскохозяйственных машин / Антифрикционные самосмазывающиеся пластмассы и их применение в промышленности.-М.,1984.-с.39-42.

30. Буря А.И., Леви А.Г., Бедин А.С. и др. Влияние модуля упругости углеродных волокон на трение и износ углепластиков на основе ароматического полиамида / Трение и износ.-М.,1984, т.5.-№5.-с.932-935.

31. Буря А.И., Абакумова Н.М., Леви А.Г. Влияние углеродного волокна на износостойкость и антифрикционные свойства композитов на основе полифенилхиноксадинов / сб. Проблемы трения и изнашивания.-К.,1984.-Вып.25.-с.57-60.

32. Буря А.И., Захаров А.В. Углепластики на основе ПВХ / Пластмассы.-М.,1985.-№6.-с.64.

33. Буря А.И., Николаенко А.И. Разработка, физические свойства армированных пластиков и их использование в конструкциях сель-

окохозяйственных машин и техники/об. факультета механизации сельскохозяйственного института. Прага, 1985, с.85-90 /англ./.

34. Ермоленко И.Н., Дубкова В.И., Буря А.И. и др. Термические превращения полиметакриленизофталамида, наполненного железосодержащими углеродными волокнами / Доклады АН БССР, 1985, т.ХХIX, №7, с.618-621.

35. Буря А.И., Николаенко А.И., Захаров А.В., Иванова Л.В. Опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении/ Тракторы и сельхозмашины/ Тракторы и сельхозмашины.-М.,1985,-№II,-с.44-46.

36. Буря А.И., Здоровец Н.А., Левит Р.М. и др. Влияние равномерности распределения волокна на физико-механические свойства армированного полиамида/ Композиционные полимерные материалы. - К.,1985.-Вып.27.-с.18-21.

37. А.с. № 237718 СССР, МКИ С 08 L 77/10. Термопластичная полимерная композиция/ Буря А.И., Коршак В.В., Кобец А.С. и др.- Публ. 1986.

38. Буря А.И., Здоровец Н.А. Оценка равномерности распределения волокна в углепластике методом математической статистики /об. Вопросы химии и химической технологии.-Харьков, 1986, -Вып. 81.-с.90-94.

39. А.с. № 1340115 СССР МКИ С 08 L 5/06. Композиционный материал/ Буря А.И., Леви А.Г., Ивин В.Д. и др. -Публ. 1987.

40. Буря А.И., Леви А.Г., Молчанов Б.И. и др. Антифрикционные свойства углепластиков на основе полипропилена/ об. Проблемы трения и изнашивания.-К.,1986.-Вып.30.-с.88-89.

41. Буря А.И., Приходько О.Г., Мовчан В.В. Механохимические процессы при внешнем трении композитов на основе ароматических полиамидов/ Докл. VIII симп. по механохимии и механохимии твердых тел. Таллин, 1-3 сентября,1981.ч.2-Таллин,1986.-с.183-185.

42. Буря А.И. Об использовании углепластиков для повышения надежности шестеренных передач/Тезисы докл. Уральской зональной конфер."Проблемы разработки и использования гибких автоматизированных производств /ГАП/ на предприятиях уральского региона". Свердловск, июнь, 1985,-с.65-66.

43. Буря А.И., Дубкова В.И., Ермоленко И.Н. и др. Влияние углеродных волокон на механохимические процессы при изнашивании ароматического полиамида / Доклады АН БССР, 1988.т.ХХХII,№4, с. 331-334.

44. Ермоленко И.Н., Дубкова В.И., Буря А.И. и др. Исследование воздействия фосфоруглеродных волокон с полиметакриленизофталамидом и свойства полученной композиции / Журнал прикладной хи-

мии. 1987.-№10.-с.2301-2306.

45. А.о. № 1434753 СССР, МКИ L 77/00. Антифрикционная композиция/ Буря А.И., Дубкова В.И., Леви А.Г. и др.-Публ.1988.

46. А.с. № 1545585 СССР, МКИ L 77/00. Полимерная композиция /Буря А.И., Молчанов Б.И., Захаров А.В. и др.-Публ.1989.

47. А.с. № 1566709 СССР, МКИ L 77/02. Полимерная композиция /Буря А.И., Дубкова В.И., Русанов А.Л. и др.-Публ.1990.

48. А.о. № 16-74553 СССР, МКИ L 77/10. Полимерная композиция /Буря А.И., Дубкова В.И., Ермоленко И.Н. и др.-Публ..1990.

49. Буря А.И., Дубкова В.И., Ермоленко И.Н. и др. Исследование влияния медьсодержащих углеродных волокон на овойства ароматического полиамида/ Доклады АН БССР, 1990, т.XXXIV, №3, с.246-249.

50. Буря А.И. Создание, овойства и опыт применения армированных термопластов в сельскохозяйственном машиностроении/ Методические рекомендации. К., 1989,- 20с.

51. Буря А.И., Пелешенко Б.И. Математическая модель изменения геометрии глазка пальчикового механизма в процессе его эксплуатации/ об. научных трудов ДСХИ "Применение полимерных материалов в деталях сельскохозяйственных машин". Днепропетровск.1989. -с.49-60.

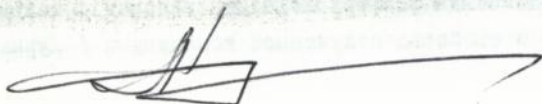
52. Буря А.И., Кобец А.С., Бедин А.С. и др. Исследование температуры влияния термической обработки углеродного волокна на трибологические овойства углепластиков на основе фенол-формальдегидных смол/ Труды международного симпозиума по трибологии фрикционных материалов. т.1. Ярофри-91, Ярославль, 1991.-с.39-44/англ./

53. Буря А.И. Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении/ Методические рекомендации, К.,1992.-28с.

54. Буря А.И., Недобачий Г.Г., Чайка Л.В. и др. Создание, исследование и применение новых композиционных материалов в качестве уплотнений для аппаратов экстракционных процессов/ Международ. конференция по экстракции органических веществ, Воронеж, 1992.-с.328-330 /англ/.

55. Буря А.И., Дубкова В.И. Физико-механические и трибологические характеристики новых полимерных композитов на основе термо- и реактопластов антифрикционного назначения/Новые материалы и технологии в трибологии, Минск, 1992.-с.102 /англ./.

56. Буря А.И., Молчанов Б.И. Тренче и изнашивание полиамида/ Трение и износ.-М.,1992.-№4.-с.901-904.



Підписано до друку 18.05.93. Формат 60x84/16. Папір
друкарський № 2. Друк офсетний. Ук. друк. арк. 1,85. Осл.
вид. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Зам. №31

320027 Дніпропетровськ, Борошилова, 25. Ротапрінт
Дніпропетровського державного агроуніверситету

415033

AB 27.681

AB 27.681