



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2



**Machinery  
Energetics  
Transport  
of Agribusiness**



**ТЕХНІКА  
ЕНЕРГЕТИКА  
ТРАНСПОРТ АПК**





**ТЕХНІКА,  
ЕНЕРГЕТИКА,  
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування  
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

---

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».  
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.  
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації  
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

---

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2020. 2 (109) . 146 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №1 від 27.08.2020 р.)*

*Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.*

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886)*

---

**Головний редактор**

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

**Веселовська Н.Р.** – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

**Відповідальний секретар**

**Полевода Ю.А.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Члени редакційної колегії**

**Іскович – Лотоцький Р.Д.** – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

**Цуркан О.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

**Булгаков В.М.** – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Іванчук Я.В.** – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

**Бандура В.М.** – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

**Йордан Максимов** – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

---

Відповідальний секретар редакції **Полевода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент  
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: [pophv@ukr.net](mailto:pophv@ukr.net)



## ЗМІСТ

**I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ***Алієв Е.Б., Миколенко С.Ю., Яропуд В.М., Малегін Р.Д.*

<b>ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАВІТАЦІЙНОГО ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНІЗАТОРА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА КОРМОВІ ЦІЛІ.....</b>	<b>5</b>
--	----------

*Бабин І. А., Гришун А. В.*

<b>ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ ДЕЯКИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ З КЕРОВАНИМ РЕЖИМОМ ДОЇННЯ.....</b>	<b>16</b>
---	-----------

*Грушецький С.М., Яропуд В.М.*

<b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ В БАРАБАННОМУ СЕПАРАТОРІ.....</b>	<b>27</b>
---	-----------

*Kurilo Vasily, Pryshlyak Viktor*

<b>JUSTIFICATION OF THE METHOD AND DEVICE FOR TREATMENT AND SOWING OF SUGAR BEETS AND THE APPLICATION OF THE RESULTS IN PREPARATION TECHNOLOGIES.....</b>	<b>42</b>
---	-----------

*Малаков О.І., Бурлака С. А., Єленич А.П.*

<b>ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМУ ПЛЮЩЕННЯ РОСЛИННОЇ МАСИ КОСАРКИ-ПЛЮЩИЛКИ ПРИЧІПНОЇ КПП-4,2.....</b>	<b>48</b>
---	-----------

**II. ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ***Комаха В.П., Єленич А. П.*

<b>НАПРЯМОК ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В СКЛАДІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....</b>	<b>57</b>
--	-----------

*Мутко Микола*

<b>METHODOLOGICAL BASES FOR IMPROVING THE STRUCTURE OF PRODUCTION SUBDIVISIONS OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES.....</b>	<b>64</b>
--	-----------

*Холодюк О.В.*

<b>ГЛОБАЛЬНІ НАВІГАЦІЙНІ СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....</b>	<b>71</b>
---	-----------

**III. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ***Ivan Sevostianov, Svetlana Kravets, Maryna Pidlypna*

<b>USE OF CRITERIAL SYNTHESIS AND ANALYSIS FOR MODERNIZATION OF OBJECTS OF MACHINE BUILDING PRODUCTION.....</b>	<b>88</b>
---	-----------

*Кондратюк Д.Г., Дмитренко В.П.*

<b>ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕКСТРУДЕРА З ПРУЖНИМ ГВИНТОВИМ ЕЛЕМЕНТОМ НА ІНДЕКС РОЗШИРЕННЯ ЕКСТРУДАТУ.....</b>	<b>97</b>
---	-----------

**IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Гайдамак О.Л., Матвійчук В.А., Кучеренко Ю.С.*

<b>ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ.....</b>	<b>105</b>
--	------------

*Токарчук О. А., Полевода Ю.А.*

<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВИХ ТИПІВ МУФТ.....</b>	<b>113</b>
--	------------



**V. ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

*Возняк О.М., Штуць А.А.*

**РОЗРАХУНОК НЕСТАНДАРТНИХ W-ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИПОЛЮСНИКА НА БІПОЛЯРНОМУ ТРАНЗИСТОРІ..... 122**

*Граняк В.Ф., Купчук І.М., Гонтар В.Г.*

**МЕТОД ТА ЗАСІБ ПРЯМОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН..... 128**

*Пазюк В. М.*

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ..... 138**



УДК: 621.3.035.183

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2-11

**ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ**

**Гайдамак Олег Леонідович**, к.т.н., доцент  
**Матвійчук Віктор Андрійович**, д.т.н., професор  
**Кучеренко Юлія Сергіївна**, аспірантка  
Вінницький Національний Аграрний Університет

**Haidamak Oleg Leonidovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
**Matviychuk Viktor Andreevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor  
**Kucherenko Yulia Sergiyevna**, postgraduate student  
Vinnytsia National Agrarian University

*Стаття присвячена обладнанню для газодинамічного напилення з метою спрощення його конструкції, забезпечення можливості регулювання параметрів (температура, тиск, швидкість, ежекція) повітряно-полімерного потоку, та з'ясування принципової можливості створення полімерних функціональних покриттів газодинамічним напиленням.*

*Полімерні матеріали в залежності від їх марки є абсолютно інертними і не вступають у будь які хімічні реакції з харчовими продуктами, продуктами відходів тваринництва, кислотами та іншими агресивними середовищами. Відомо що полімерні матеріали можна віднести до двох основних класів це реактопласти і термопласти. Якщо для термопластів процес нагрівання та охолодження може відбуватися багаторазово без зміни їх структури, то реактопласти при одноразовому нагріві зі збільшенням часу дії підвищених температур в результаті хімічних процесів, що протікають в них, переходять в нерозчинний твердий стан з утворенням сітчастої структури макромолекул. Цей процес безповоротний, вироби з реактопластів руйнуються при повторному нагріванні при досить високій температурі без попереднього розм'якшення і таким чином не можуть бути рекомендовані для їх використання з метою створення полімерних покриттів газодинамічним напиленням.*

*Проаналізовано характеристики найбільш розповсюджених термопластів таких як поліпропілену, поліетилену, політетрафтор-етилену, полістиролу, полівінілхлориду, поліамідів та з'ясувано які умови потрібно створити для успішного нанесення функціональних полімерних покриттів. Проведено експериментальне нанесення полімерних покриття з найбільш розповсюджених полімерів. Отримані результати свідчать про те, що спроектований та виготовлений дослідний зразок газодинамічного напилювального пристрою здатен створювати різні режими нанесення полімерного покриття.*

*Тобто змінювати і підтримувати потрібну температуру та тиск стисненого повітря. Результати проведених досліджень показують принципову можливість створювати полімерні покриття з термопластів на металевих поверхнях газодинамічним напиленням.*

**Ключові слова:** газодинамічне напилення, полімери, обладнання, покриття, дослідження, матеріали, розробка.

**Рис. 3. Літ. 6.**

---

**1. Актуальність проблеми**

---

В агропромисловому комплексі, хімічній промисловості та інших галузях народного господарства застосовують обладнання, що потребує захисту від агресивних компонентів, з якими воно контактує. Насамперед це стосується обладнання переробної промисловості, тваринництва, біоенергетичних комплексів, яке використовується для зберігання, переробки та транспортування агресивних речовин. Відомо, що полімерні матеріали, в залежності від їх марки, є абсолютно інертними і не вступають у будь які хімічні реакції з харчовими продуктами, відходами тваринництва, кислотами та іншими агресивними середовищами.

Полімерні матеріали відносяться до діелектриків, що також надає можливість використовувати їх в якості електричної ізоляції струмопровідних елементів обладнання в місцях вірогідного дотику людини. Тому питання захисту традиційного металевого обладнання від агресивного середовища і



персоналу від небезпеки враження електричним струмом, шляхом застосування полімерних покриттів, є актуальною проблемою розвитку захисних технологій та відповідного обладнання для реалізації процесу створення функціональних полімерних покриттів.

## 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Стан питання й завдання досліджень. На сьогодні найбільшого поширення в промисловості отримали наступні способи нанесення полімерних порошкових матеріалів:

- нанесення у псевдо зрідженому стані;
- електростатичне нанесення;
- термоструменеве нанесення;
- газополуменеве нанесення.

Кожен з зазначених методів має свої переваги і недоліки, які визначають ефективну область їх застосування виходячи із геометричних параметрів об'єктів, що покриваються, їх конструктивних і технологічних особливостей, умов майбутньої експлуатації, а також необхідної товщини функціонального полімерного шару. Єдиним чинником, що об'єднує всі способи, є термообробка (або термічний вплив в процесі формування полімерного шару), необхідна для утворення стійкого адгезійного зв'язку полімеру з підкладкою.

Перші два способи можуть бути реалізовані в умовах промислового підприємства, оскільки вони передбачають проведення комплексу операцій і наявність спеціальних камер, ванн, печей. Тому перше і основне обмеження їх застосування стосується зібраних, стаціонарних і великогабаритних виробів. В цьому випадку єдиними економічними і простими в реалізації є методи термоструменевого напилення, що дозволяють формувати полімерне покриття за одну технологічну операцію. До методів термоструменевого напилення відносяться:

- газотермічне (газополуменеве, полум'яне);
- газодинамічне (пневморозпорошення порошкового полімеру нагрітого гарячим стиснутим повітрям до температури плавлення).

До основних переваг цих методів слід віднести:

- можливість проводити напилення на місці без демонтажу конструкцій;
- гнучкість технології і мобільність обладнання;
- легкість і простота обслуговування;
- можливість формувати шари з більшості полімерних матеріалів, що мають добру адгезійну міцність із збереженням всіх характеристик, притаманних кожному полімеру [1].

До основних недоліків газополуменевого напилення полімерних матеріалів слід віднести складність контролю температурного режиму нанесення покриття, особливо дрібнодисперсних порошків. Враховуючи те, що температура газового полум'я складає близько 2500-3000 °С, а температура плавлення більшості полімерів знаходиться в діапазоні 100-400 °С, то це призводить до перегріву і згорання порошкового полімеру у газовому полум'ї. До того ж температура газового полум'я є слабо регульованим параметром і залежить від складу горючої газової суміші, в результаті температура нагріву порошкових полімерних частинок залежить від швидкості їх руху в газовому полум'ї, часу перебування у полум'ї та розміру порошкової частинки. Чим дрібніша частинка, тим більша вірогідність її згорання або незворотного перетворення і втрати своїх початкових властивостей. Слід також відзначити, що газополуменеве напилення проводиться в умовах горіння відкритого полум'я, а отже може створити пожежонебезпечну ситуацію. Підсумовуючи перераховане слід відзначити, що метод газополуменевого напилення не знайшов широкого застосування через такі недоліки, як часткове розкладання полімеру і пов'язане з цим зниження фізико-механічних властивостей покриття, важкі санітарно-гігієнічні умови праці, необхідність використання пожежо- та вибухонебезпечної апаратури, складність контролю технологічного процесу нанесення покриття.

Газодинамічне напилення відкрите відносно недавно з метою створення металевих покриттів з переважно кольорових металів та їх композицій [3]. Данні про застосування цього методу для створення функціональних (антикорозійних, антифрикційних, електроізоляційних та інш.) полімерних покриттів на сьогодні відсутні. Існуюче обладнання для газодинамічного напилення [2] досить складне у виготовленні та не має можливості регулювання параметрів нагрітого стиснутого повітряного, що ускладнює можливість дослідження створення полімерного покриття на різних режимах газодинамічного напилення.

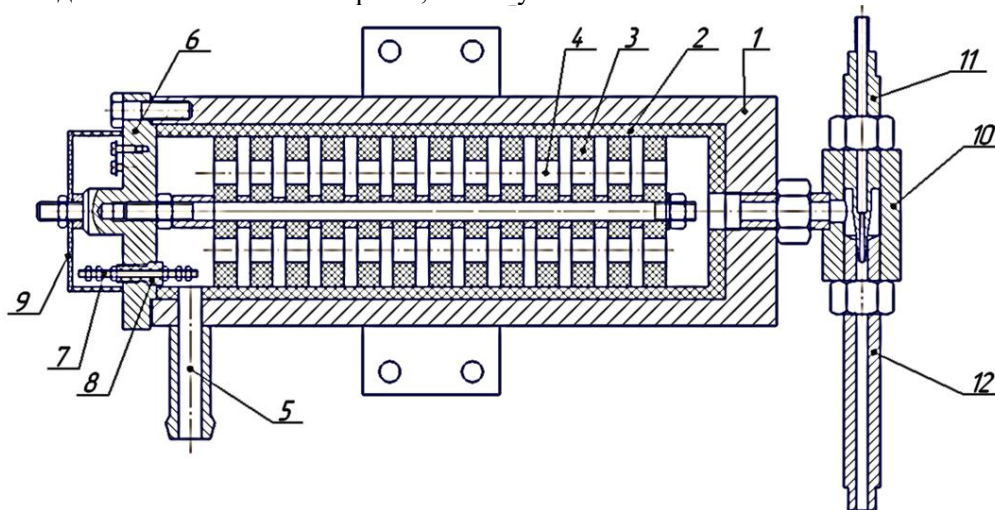


### 3. Мета досліджень

Розвиток обладнання для газодинамічного напилення полімерів з метою спрощення його конструкції та забезпечення можливості регулювання параметрів (температура, тиск, швидкість, ежекція) повітряно-полімерного потоку, а також дослідження принципової можливості створення полімерних функціональних покриттів газодинамічним напиленням, та з'ясування технологічних режимів нанесення покриттів.

### 4. Основні результати досліджень

Для вирішення цього завдання запропоновано конструкцію газодинамічного напилювального пристрою [4, 5, 6] яке можна віднести до термоструйного. В цьому напилювальному пристрої теплоносієм є нагріте електронагрівачем до заданої температури стиснене повітря. Конструкція газодинамічного напилювального пристрою (рис. 1) складається з електронагрівача стисненого повітря який містить корпус 1, в середині якого встановлено термоізолятор 2. В середині термоізолятора розміщено керамічні диски 3 з отворами 4, в яких розміщено термонагрівальні елементи (ніхромова спіраль, на рисунку не показана). Корпус 1 має патрубок 5 для підводу стисненого повітря. З правого боку електронагрівача міститься кришка 6 в якій встановлено електроконтакти 7 на ізоляторах 8. До контактів 7 з середини приєднана ніхромова спіраль, а з зовні електромережа живлення. Контакти живлення 7 закриваються захистною кришкою 9. З правого боку від електронагрівача змонтовано прискорювач стисненого повітря який містить корпус 10 в отворі якого зверху встановлено конусний регулятор швидкості стисненого повітря 11, а з низу встановлено сопло 12.



*Рис. 1. Газодинамічний напилювальний пристрій:*

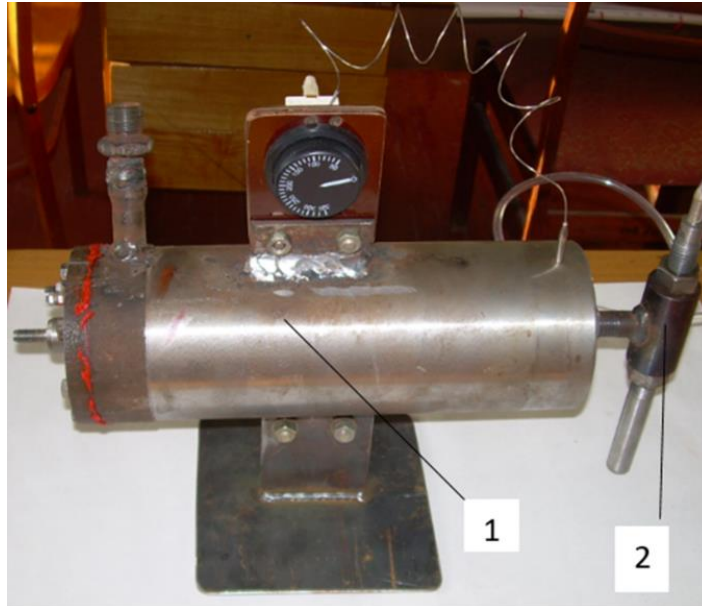
*1 – корпус; 2 – термоізолятор; 3 – керамічні диски; 4 – отвори; 5 – патрубок; 6 – кришка; 7 – електроконтакти; 8 – електроізолятори; 9 – захистна кришка; 10 – прискорювач стисненого повітря; 11 – конусний регулятор швидкості стисненого повітря; 12 – сопло*

Стиснене повітря подається через патрубок 5, проходить через отвори 4 з розжареною ніхромовою спіраллю, контактуючи з якою повітря нагрівається до заданої температури і потрапляє в прискорювач повітря де швидкість стисненого повітря регулюється конусом регулятора 11. В результаті прискорення стисненого повітря на зрізі конусної частини регулятора 11 тиск повітря падає менше атмосферного, виникає ефект ежекції завдяки якому в канал регулятора 11 всмоктується напилювальний полімерний порошок і потрапляє в струмінь нагрітого стисненого повітря. Рухаючись в нагрітому стисненому повітрі в отворі сопла 12 полімерний порошок нагрівається до температури вище за температуру плавлення полімера, і далі переноситься на підкладку яка покривається полімерним покриттям.

Регулюючи потужність електричного струму і відповідно температури розжарення ніхромової спіралі та швидкість протікання стисненого повітря з'являється можливість впливати на параметри нагріву полімерних порошкових частинок і таким чином встановити оптимальні режими нанесення полімерного покриття. Використання стисненого повітря в якості теплоносія створює безпечні умови праці.



Виготовлено дослідний зразок газодинамічного напилювального пристрою (рис. 2). Випробовування якого показали, що при тиску стисненого повітря 0,6 МПа максимальна температура цього повітря на виході сопла становила 500 °С.



**Рис.2. Газодинамічний напилювальний пристрій:**  
**1 – нагрівач стисненого повітря, 2 – прискорювач стисненого повітря**

Регулювання температури ніхромової спіралі на задану величину здійснюється регулятором потужності марки АСМС-100-1.

Таким чином створене обладнання, яке здатне підтримувати стабільні, регульовані, умови напилення полімерних матеріалів.

Проведемо аналіз здатності полімерних матеріалів створювати покриття за допомогою газодинамічного напилення. Відомо, що полімерні матеріали можна віднести до двох основних класів: реактопласти і термопласти.

Реактопласти (термореактивні пластмаси) також як і термопласти (термопластичні пластмаси) відносяться до класу полімерів різної хімічної природи, які при нагріві здатні переходити у в'язкотекучий стан. Якщо для термопластів процес нагрівання та охолодження може відбуватися багаторазово без зміни їх структури, то реактопласти при одноразовому нагріві зі збільшенням часу дії підвищених температур і протікання хімічних процесів переходять в нерозчинний твердий стан з утворенням сітчастої структури макромолекул. Цей процес безповоротний, вироби з реактопластів руйнуються при повторному нагріванні при досить високій температурі без попереднього розм'якшення і таким чином не можуть бути рекомендовані для їх використання з метою створення полімерних покриттів газодинамічним напиленням.

До термопластів відносять матеріали на основі поліпропілену, поліетилену, політетрафторетиліну, полістиролу, полівінілхлориду, поліамідів та інших полімерів. Проаналізуємо характеристики найбільш розповсюджених термопластів та з'ясуємо які умови необхідно створити для успішного нанесення функціональних полімерних покриттів.

Ударостійкий полістирол (HIPS) - модифікований полістирол, продукт полімеризації стиролу з бутадієновим і бутадієн-стирольним каучуком з температурою плавлення 230 °С. Цей матеріал значно перевершує по ударній міцності стандартний полістирол. Має високу технологічність процесів термо- і вакуум формування листів, відсутність внутрішніх напружень після формування, стійкість до розривів. Має добру хімічну стійкість до кислот і лугів, сумісність з харчовими продуктами, широкий діапазон робочих температур (від -40 до + 70 °С) і підвищену ударостійкість - все це робить полістирол незамінним полімером в промисловості, будівництві та рекламної індустрії.

Поліпропілен — синтетичний полімер, продукт полімеризації пропілену. Безбарвна речовина з температурою плавлення 172 °С. Характеризується високою ударною міцністю, стійкістю до багаторазових згинань, зносостійкістю, низькою паро й газопроникністю, високими діелектричними показниками. Застосовують у виробництві поліпропіленового волокна, полімерних труб, плівок.





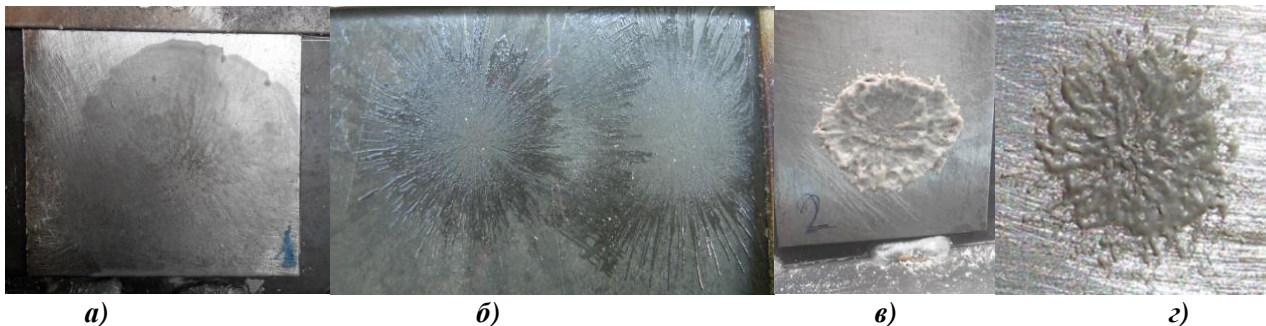
Поліетилен низького тиску HDPE кабельний має температуру плавлення 120 – 135 °С, максимальна температура експлуатації 115 °С. Високо еластичний полімер, застосовується при виготовленні кабельної продукції.

Поліетилен ПЕ-100 і ПЕ-80 має температуру плавлення -130 °С, матеріал є відмінним діелектриком, має добру стійкість до розтріскування і подряпин, стійкий до радіаційного випромінювання, хімічно і біологічно інертний, не пропускає рідин і газів, застосовується при виготовленні водопровідних труб. Термін його служби при дотриманні стандартних умов експлуатації може перевищувати 60-80 років.

Поліетилен-тетрафталан (ПЕТ) має температуру плавлення -250 °С, а температуру розкладання 350°С. Сьогодні ПЕТ використовується у виробництві різноманітної упаковки для продуктів і напоїв, косметики і ліків. ПЕТ матеріали незамінні при виготовленні аудіо, відео і рентгенівських плівок, автомобільних шин, пляшок для напоїв, плівок з високими бар'єрними властивостями, волокон для тканин.

Враховуючи те, що температура плавлення ударостійкого полістиролу, поліетилену низького тиску HDPE кабельного, поліпропілену, поліетилен-тетрафталану, поліетилену ПЕ-100 і ПЕ-80 , знаходиться в межах -130-250 °С, можна запропонувати ці матеріали для створення відповідних функціональних покриттів газодинамічним напиленням. Нами проведено досліди з метою визначення можливості створення полімерних покриттів з цих матеріалів, та проведено експериментальне газодинамічне напилення. Для напилення використовували вторинні полімерні порошки, отримані методом механічного помелу до розмірів 100-300 мкм. Тиск стисненого повітря 0,5 МПа. Результати напилення показані на рисунку 3.

На рисунку 3а утворилось рівномірне покриття поліетилентетрафталану, на рисунку 3б покриття з аналогічного матеріалу утворилось не рівномірне, а його частину здуло потужним перегрітим потоком стисненого повітря. В цьому випадку температура стисненого повітря перевищила температуру плавлення порошку на 200 °С. На рисунку 3г показане покриття поліпропілену яке є не рівномірним за товщиною. В цьому випадку попередній прогрів підкладки був не достатній. На рисунку 3в показане покриття з поліетилену ПЕ-100. Це покриття досить щільне та відносно рівномірне.



**Рис. 3. Результати напилення полімерних матеріалів:**

**а – Температура струменя стиснутого повітря 270 °С. Попередній прогрів підкладки 150 °С;**  
**б – Поліетилентетрафталан. Температура стиснутого повітря 450 °С. Попередній прогрів підкладки 300 °С;**  
**в – Поліпропілен, температура струменя стиснутого повітря 190 °С. Попередній прогрів підкладки 100 °С**  
**з – Поліетилен ПЕ-100. Температура струменя стисненого повітря 250 °С. Попередній прогрів підкладки 150 °С**

## 5. Висновки

Отримані результати свідчать про те, що спроектований та виготовлений дослідний зразок газодинамічного напилювального пристрою здатен створювати різні режими нанесення полімерного покриття. Тобто змінювати і підтримувати потрібну температуру та тиск стисненого повітря.

Результати отриманих покриттів показують принципову можливість створювати полімерні покриття на металевих поверхнях газодинамічним напиленням. Показане обладнання та технологія потребують подальшого вдосконалення, а найбільш оптимальний діапазон робочих температур повітряно-полімерного потоку потрібно шукати в інтервалі 150-450 °С, і 200- 300 °С для попереднього прогріву підкладки, з подальшим визначенням оптимальних режимів для кожної конкретної марки полімерних матеріалів.

**Список використаних джерел**

1. Марьянко В. П. Газопламенное напыление полимерных порошковых красок. Промышленная окраска. 2014. №1. С. 24–28.
2. Способ газодинамического нанесения покрытий и устройство для его осуществления : пат. 2237746 Российская Федерация, МПК С 23 С 24/04. Каширын А. И., Ключев О. Ф., Шкодин А. В.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Одинский центр порошкового напыления». № 2003100745/02; заявл. 14.11.03; опубл. 10.10.04, Бюл. №15 (II ч.).
3. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. / Алхимов А.П. Клинков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Под ред. В.М. Фомина. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 536. ISBN 978-5-9221-1210-9
4. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з радіальною подачею порошкового матеріалу : пат. 110552 Україна, МПК С23С 24/00. заявник та патентовласник Гайдамак О. Л. №u201405543; заявл. 23.05.14; опубл. 12.01.16, Бюл. №1.
5. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з осьюою подачею порошкового матеріалу : пат. 89904 Україна, МПК С23С 24/00. Гайдамак О. Л., Савуляк В.І., Гончарук В.В., Волковський А.М.; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет № u201306579; заявл. 27.05.13; опубл. 12.05.14, Бюл. №9.
6. Електронагрівач потоку стиснутого газу : пат. 101554 Україна, МПК Н05В 1/00, Н05В 3/52 . Гайдамак О. Л., Шиліна О.П., Гончарук В.В., Федорченко М.П., заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет. № u201501003; заявл. 09.02.2015; опубл. 25.09.2015, Бюл.№ 18.

**References**

- [1] Maryanko, V. P. (2018). Gasoplamenoie napelenie polimernuh poroshkovih krasok//Promushlini krasok [Maryanko V.P Gas-Flame Sputtering of Polymer Powder Paints]. Industrial Coloring 2014. №1. 24.–28. [in Russian].
- [2] Kashyrin, A. I, Klyuev, O. F, Shkodin, A.V. (2004) Sposob Gazodinamicheskogo nnanesenia pokritei I ystroistvo dla nogo osyshstvlrnsa [1. Pat. 2237746 Russian Federation, IPC C 23 C 24/04. The method of gas-dynamic coating and device for its implementation; applicant and patentee Odinsky Powder Spraying Center Limited Liability Company]. No.2003100745/02; claimed 14.11.03; publ. 10/10/04, Bul. No15 (Part II). [in Russian].
- [3] Alkhimov, A. P Klincov, S. V, Kosarev, V. F, Fomin, V. M. Ed. Fomin, V. M. (2010). Holodnoe gazodenamichtskoe napelenie. Tejrja i praktika. [2. Alkhimov AP Cold gas-dynamic sputtering. Theory and Practice]. M. : FIZMATLIT, 2010. 536. ISBN 978-5-9221-1210-9. [in Russian].
- [4] Gaidamak, O. L (2016). Prustria dla gazodenamichtskoe nnanesenia pokritei radialnogo podachi materialy. [3. Pat. 110552 Ukraine, IPC C23C 24/00. Device for gas-dynamic coating with radial flow of powder material; applicant and patentee Haidamak O.L. No. 201405543; ] claimed 05/23/14; publ. 01/12/16, Bul. №1. [in Ukrainian].
- [5] Gaidamak, O. L., Savulak, V. I., Goncharuk, V. V., Volkovsky, A. M., (2014). Prustria dla gazodenamichtskoe nnanesenia pokritiv osovoy podachoy poroshkovogo materialy. [Pat. 89904 Ukraine, IPC C23C 24/00. Device for gas-dynamic coating of axial flow of powder material] applicant and patentee Vinnysia National Technical University No. u201306579; claimed 05/27/13; publ. 05/12/14, Bul. №9. [in Ukrainian].
- [6] Gaidamak, O. L., Shilina. O/P, Goncharuk V.V, Fedorchenko M.P Pat. (2015). Elektronagrivach potoky stuslogo gazu. [Pat. 101554 Ukraine, IPC H05B 1/00, H05B 3/52. Compressed gas flow heater applicant and patent holder Vinnitsa National Technical University № u201501003; ] claimed 09/02/2015; publ. 09/25/2015, Bul.№ 18. [in Ukrainian].

**ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ**

*Статья посвящена оборудованию для газодинамического напыления с целью упрощения его конструкции, обеспечение возможности регулирования параметров (температура, давление, скорость, эжекция) воздушно-полимерного потока, и выяснение принципиальной возможности создания полимерных функциональных покрытий газодинамическим напылением.*



*Полимерные материалы в зависимости от их марки являются абсолютно инертными и не вступают в любые химические реакции с пищевыми продуктами, продуктами отходов животноводства, кислотами и другими агрессивными средами. Известно, что полимерные материалы можно отнести к двум основным классам это реактопласты и термопласты. Если для термопластов процесс нагревания и охлаждения может происходить многократно без изменения их структуры, то реактопласты при однократном нагреве с увеличением времени воздействия повышенных температур в результате химических процессов, протекающих в них, переходят в нерастворимый твердое состояние с образованием сетчатой структуры макромолекул. Этот процесс необратимый, изделия из реактопластов разрушаются при повторном нагревании при достаточно высокой температуре без предварительного размягчения и таким образом не могут быть рекомендованы для их использования с целью создания полимерных покрытий газодинамических напылением.*

*Проанализированы характеристики наиболее распространенных термопластов как полипропилена, полиэтилена, политетрафтор-этилена, полистирола, поливинилхлорида, полиамидов и выяснений условия нужно создать для успешного нанесения функциональных полимерных покрытий. Проведено экспериментальное нанесение полимерных покрытий из наиболее распространенных полимеров. Полученные результаты свидетельствуют о том, что спроектирован и изготовлен опытный образец газодинамического напылительные устройства способен создавать различные режимы нанесения полимерного покрытия.*

*То есть менять и поддерживать нужную температуру и давление сжатого воздуха. Результаты проведенных исследований показывают принципиальную возможность создавать полимерные покрытия из термопластов на металлических поверхностях газодинамических напылением.*

**Ключевые слова:** газодинамическое напыление, полимеры, оборудование, покрытие, исследования, материалы, разработка.

**Рис. 3. Лит. 6**

### **PROSPECTS FOR THE CREATION OF POLYMER FUNCTIONAL COATINGS WITH THE APPLICATION OF GASODYNAMIC DRAINING**

*This article is devoted to the equipment for gas-dynamic spraying in order to simplify its design, to provide the possibility of adjusting the parameters (temperature, pressure, speed, ejection) of the air-polymer flow, and to clarify the fundamental possibility of creating polymer functional coatings with gas-dynamic spraying.*

*The polymeric materials, depending on their brand, are completely inert and do not react in any chemical reaction with food, animal waste products, acids and other corrosive media. It is known that polymeric materials can be attributed to the two main classes of reactants and thermoplastics. If the thermoplastic process of heating and cooling can occur repeatedly without changing their structure, then reactive plastics with a single heating with increasing time of elevated temperatures as a result of chemical processes occurring in them, transform into an insoluble solid state with the formation of a mesh structure of macromolecules. This process is irreversible, the products of the reactoplasts are destroyed by reheating at a sufficiently high temperature without first softening and thus cannot be recommended for their use in order to create polymer coatings by gas-dynamic sputtering.*

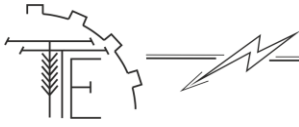
*The characteristics of the most common thermoplastics, such as polypropylene, polyethylene, polytetrafluoroethylene, polystyrene, polyvinyl chloride, polyamides, are analyzed, and the conditions to be created for the successful application of functional polymer coatings. Experimental application of polymer coatings of the most common polymers. The results obtained indicate that the designed and manufactured prototype gasdynamic spraying device is capable of creating different modes of polymer coating.*

*That is to change and maintain the required temperature and pressure of compressed air. The results of the researches show a fundamental possibility to create polymer coatings from thermoplastics on metal surfaces by gas-dynamic spraying.*

**Keywords:** gas - dynamic spraying, polymers, equipment, coatings, research, materials, development.

**Fig. 3. Ref. 6.**





**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**

**Гайдамак Олег Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електротехніки, електроенергетики та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [haidamak@vsau.vin.ua](mailto:haidamak@vsau.vin.ua)).

**Матвійчук Віктор Андрійович** – доктор технічних наук, професор, декан інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [vamatv50@gmail.com](mailto:vamatv50@gmail.com)).

**Кучеренко Юлія Сергіївна** – аспірантка кафедри «Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: [fortyna1910@gmail.com](mailto:fortyna1910@gmail.com)).

**Гайдамак Олег Леонидович** - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г.. Винница, Украина, 21008, e-mail: [haidamak@vsau.vin.ua](mailto:haidamak@vsau.vin.ua)) .

**Матвийчук Виктор Андреевич** - доктор технических наук, профессор, декан инженерно-технологического факультета Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г.. Винница, Украина, 21008, e-mail: [vamatv50@gmail.com](mailto:vamatv50@gmail.com)).

**Кучеренко Юлия Сергеевна** - аспирантка кафедры «Электроэнергетики, электротехники и электромеханики» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г.. Винница, Украина, 21008, e-mail: [fortyna1910@gmail.com](mailto:fortyna1910@gmail.com)).

**Gaidamak Oleg Leonidovich** - Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Power engineering, electrical engineering and electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University .

**Matviychuk Viktor Andreevich** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: [vamatv50@gmail.com](mailto:vamatv50@gmail.com)).

**Kucherenko Yulia Sergiyevna** - Postgraduate Student of the Department of Power engineering, electrical engineering and electromechanics of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: [fortyna1910@gmail.com](mailto:fortyna1910@gmail.com)).