УДК 623.746-519:621.791.44:678.029

О. Б. Янченко, В. С. Дорошенко, Н. В. Колосовська

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОНОЖА ДЛЯ ОБРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ У СИСТЕМАХ РОЗВАНТАЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Анотація. *Розроблено енергоефективну систему дистанційного розвантаження та відокремлення елементів на основі застосування разових легкоплавких полімерних строп, які руйнуються методом термічної деструкції («термоніж») за низьковольтним електричним сигналом, що сприяє автоматизації доставки вантажів безпілотними апаратами.*

Ключові слова*: розвантаження, безпілотні апарати, циклічне постачання, транспорт, «термоніж».*

Abstract*. An energy-efficient system for remote release and detachment of functional components based on single-use low-melting polymer slings has been developed. The slings undergo thermal destruction using a low-voltage electrical signal ("thermal knife"), facilitating the automation of cargo delivery by unmanned vehicles.*

Keywords*: cargo release, unmanned vehicles, cyclic supply, transport, thermal knife.*

У ливарному виробництві для лиття металу за моделями, що газифікуються (ЛГМ-процес), набуто значного досвіду виготовлення разових моделей з пінополістиролу із застосування обладнання типу «термоніж», яке від джерела електроживлення розігріває металевий (ніхромовий) дріт та плавить матеріал замість механічного різання. Цей досвід обробки полімерів із використанням термічного імпульсу адаптовано та використано для створення спеціалізованих інженерних рішень з оперативної доставки, точного позиціонування та дистанційного скидання вантажів з використанням автономних безпілотних транспортних комплексів різного типу базування – повітряного, наземного або водного. Вантажі на них кріпляться полімерними стропами (нитка, шпагат), а розвантажуються шляхом перерізання цих строп за допомогою «термоножа». [1, 2].

Зазначене рішення орієнтоване на планове або аварійне відокремлення функціональних модулів, транспортувальних контейнерів, пакунків, а також малогабаритних супутніх пристроїв (в т. ч. безпілотних). Надійне позиціонування корисного навантаження або знімних вузлів усередині транспортного засобу чи на ньому під час руху забезпечується разовими полімерними стропами, які мають значну статичну тримальну здатність, але миттєво втрачають цілісність при досягненні температури плавлення полімеру по дистанційній чи запрограмованій команді. Структура вузла руйнування містить низьковольтний тепловий елемент із ніхромового провідника марки Х20Н80 діаметром 0,2…0,3 мм, інтегрований безпосередньо в зону контакту з поверхнею гнучкої стропи.

Під час проведених комп'ютерно-контрольованих стендових випробувань як джерело електричної енергії застосовували автономний низьковольтний акумуляторний елемент із робочою напругою 3,6…4,2 В або стандартне малогабаритне джерело 1,2…1,5 В. Подача короткочасного електричного імпульсного сигналу на ніхромову (марки Х20Н80) ділянку дроту викликає її практично миттєве розігрівання до температури 450…500 °С, що ініціює швидку локальну термічну деструкцію полімеру стропи під дією постійного зовнішнього механічного натягу від маси закріпленого вантажу. В ході експериментальних тестів фіксували стабільне утримання та подальше безвідмовне відокремлення корисного навантаження масою 15…20 кг. Повний цикл термодеструкції та безперешкодне вивільнення відокремлюваного вузла триває не більше 0,8…1,2 секунди. Розроблена система, виконана у вигляді уніфікованого блоку типу «термоніж» із захищеним кабелем електроживлення, є багаторазово переставною, енергетично автономною та високонадійною для застосування у мобільних робототехнічних комплексах різного середовища функціонування. З метою розширення технологічних можливостей розробленого методу для забезпечення повторювальних «човникових» транспортних операцій, що передбачають багаторазову циклічну доставку медикаментів, продуктів харчування, протипожежних засобів та

інших спеціальних вантажів, запропоновано схему автоматизованого самонавантаження. Для реалізації цього процесу передбачено попереднє облаштування спеціалізованих завантажувальних стендів із розміщенням у них запакованих вантажів з «відкритою» фіксованою петлею стропи, яку заздалегідь навішують на напрямний шаблон, наприклад, навішування петлі на двох горизонтальних опорах.

Безпілотний рухомий транспортний пристрій, оснащений спеціальним вантажним гаком із внутрішньо інтегрованим модулем «термоніж», здійснює орієнтоване наближення до такого стенду в межах чітко обмеженого просторового жолоба, коридору з двох перил чи напрямної підвісної або наземної колії. Під час руху транспортний засіб автоматично зачіпляє гаком відкриту петлю, за рахунок власної кінетичної енергії та тяги знімає вантаж зі стенду і транспортує його до пункту призначення. Принцип функціонування цього механізму аналогічний поширеним автоматизованим побутовим роботизованим системам (наприклад, роботам-пилососам), які самостійно орієнтуються та підключаються до зарядної станції за сигналом або при зниженні заряду акумулятора. Після виконання скидання шляхом спрацьовування «термоножа» безпілотний апарат повертається у вихідну точку, здійснює необхідну підзарядку джерел живлення та повторює вказаний цикл автонавантаження, забезпечуючи високу продуктивність безперервного транспортного обслуговування заданих об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Спосіб доставки вантажу до заданого місця. Пат. 160595 Україна, МПК B64U101/64, B65G67/40, F16B1/00, B60P1/64, заяв. №u202502029, від. 01.05.2025. Опубл. 17.09.2025, Бюл. № 38.

Дорошенко В. С. Янченко О. Б.

2. Янченко О. Б., Дорошенко В. С. Розробка спрощеного обладнання для розвантаження транспортних засобів. Матеріали LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ – 2025) 24 – 27 червня 2025 р. Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 2954 – 2956.

Янченко Олександр Борисович *– кандидат технічних наук, доцент кафедри військової підготовки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 21021, e-mail: 1961yab@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-3888-3772*

Дорошенко Володимир Степанович *– доктор технічних наук, провідний науковий співробітник відділу фізико-хімії ливарних процесів Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України, м. Київ, вул. Акад. Вернадського, буд. 34/1, інд. 03142, e-mail: doro55v@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-0070-5663*

Колосовська Наталія Вікторовна – *студент групи 03-25 (ВОС 461700) кафедри військової підготовки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, інд. 21021, e-mail: 1961yab@gmail.com.*

Oleksandr Borysovych Yanchenko *– PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University (95Khmelnytske Shosse, Vinnytsia, 21000, Ukraine, e-mail: 1961yab@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-3888*

Volodymyr Stepanovych Doroshenko *– Doctor of Sciences (Engineering), Lead Researcher, Department of Physical Chemistry of Casting Processes, Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34/1 Acad. Vernadsky Ave., Kyiv, 03142, e-mail: doro55v@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0002-0070-5663*

Nataliia Viktorivna Kolosovska *– student of group 03-25 (VOS 461700) of the Department of Military Training of Vinnytsia National Technical University, 95Khmelnytske Shosse, Vinnytsia, 21000, Ukraine, e-mail: 1961yab@gmail.com.*