

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
” Київський політехнічний інститут ”

ПОЛІЩУК ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 621.91: 678.7

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ РЕМОНТУ  
ПОШКОДЖЕНЬ  
У ВИРОБАХ З КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Спеціальність 8.05050302 – інструментальне виробництво

**Автореферат**  
**дисертації на здобуття наукового ступеня**  
**магістр**

Київ – 2013

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент  
**Глоба Олександр Васильович**  
Національний технічний університет України  
” Київський політехнічний інститут ”

Рецензенти: кандидат технічних наук, доцент  
**Шевченко Олег Анатолійович**  
Національний авіаційний університет

кандидат технічних наук, доцент  
**Кореньков Володимир Миколайович**  
Національний технічний університет України  
” Київський політехнічний інститут ”

Консультант з кандидат технічних наук, доцент  
охорони праці **Фоменко Ігор Олександрович**  
та техніки безпеки: Національний технічний університет України  
” Київський політехнічний інститут ”

Захист відбудеться 18 червня 2013 року о 14-й годині на засіданні ДЕК кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 615-22

З дисертацією можна ознайомитись на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування імені П.Р. Родіна НТУУ «КПІ» за адресою, 03056, м. Київ, вул. Борщагівська 115, к. 611

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність досліджень.** Технічний прогрес, з одного боку, породжує необхідність розробки нових конструкційних матеріалів, а з іншого – в значній мірі залежить від результатів цих розробок. Нові матеріали, які з'являються в зв'язку з необхідністю удосконалення існуючих конструкцій, відкривають можливості для реалізації нових конструктивних рішень та розробки нових технологічних процесів.

Існуючі в даний час матеріали вже не можуть задовольнити зростаючі до них вимоги. Вирішити цю проблему, створити матеріали з комплексом необхідних характеристик, може лише створивши відповідних композицій, в яких об'єднані кращі якості окремих складових. За рахунок вибору компонентів, їх концентрації, розмірів, форми, орієнтації і міцності з'єднання один з одним, фізико-механічні властивості композиційних матеріалів можна регулювати в дуже широких межах. Використання композиційних матеріалів дозволяє значно зменшити масу літаків, ракет, автомобілів, суден, збільшити потужність двигунів, створити нові конструкції, працездатність яких раніше обмежувалась відсутністю необхідних матеріалів.

Враховуючи значну вартість композиційних матеріалів, доцільно розробити методи ремонту для відновлення їх працездатності. Одним із таких методів є ремонт з використанням фасонних технологічних ремонтних поверхонь. Цей метод є більш ефективним у порівнянні із стандартними, але потребує розробки спеціального інструменту для отримання фасонних технологічних поверхонь.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування Національного технічного університету України "КПІ" за сумісництвом із кафедрою механіки Національного авіаційного університету в рамках науково-технічної програми "Забезпечення якості отворів при свердлінні композиційних матеріалів за рахунок створення нових конструкцій інструментів та способів обробки"

( д/р №0113U 002811).

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної роботи є розробка конструкції інструменту для ремонту пошкоджень у виробках з композиційних матеріалів.

Для досягнення мети було поставлено **наступні задачі:**

- 1) дослідити фізико механічні властивості та особливості обробки полімерних композиційних матеріалів;
- 2) дослідити види пошкоджень елементів, що виготовлені з полімерних композиційних матеріалів;
- 3) проаналізувати методи ремонту елементів, виготовлених з композиційних матеріалів, та обґрунтувати доцільність використання прогресивних ремонтних поверхонь, враховуючи вимоги до ремонту елементів з ПКМ;
- 4) розробити конструкцію різального інструменту для виготовлення технологічних ремонтних поверхонь;
- 5) вибрати та обґрунтувати режими різання сконструйованого інструменту.

**Об'єкт дослідження** – виготовлення прогресивних технологічних ремонтних поверхонь у виробках з композиційних матеріалів.

**Предмет дослідження** – спеціальний різальний інструмент для ремонту пошкоджень у виробках із композиційних матеріалів.

**Методи дослідження.** Роботу виконано на основі фундаментальних положень механіки руйнування, механіки композиційних матеріалів, теорії різання та інструментального виробництва. Перевірка та встановлення межі міцності заготовок, виготовлених з ПКМ, на розтяг проводилися на спеціальній розривній машині типу Р-10. Тривимірне моделювання проводилося в програмному середовищі ” Компас 3D V12”. Достовірність теоретичних посилок, розробок, конструкцій інструментів та технологій підтверджена експериментами, виконаними в лабораторних умовах.

**Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Удосконалено методи ремонту елементів з композиційних матеріалів.
2. Спроектовано різальний інструмент для обробки технологічних ремонтних поверхонь в елементах з ПКМ.

## **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Розроблено та експериментально доведено ефективність використання фасонної ремонтної поверхні для відновлення працездатності елементів, виготовлених з полімерних композиційних матеріалів, що дозволить підвищити міцність ремонтних з'єднань та довговічність їх служби.

**Достовірність отриманих результатів.** Достовірність результатів роботи забезпечується чіткістю постановки задач досліджень, правильністю застосування математичного апарату, логічністю висновків, правильністю виборів мірних засобів. Адекватність отриманих результатів підтверджена поставленими експериментами.

**Особистий внесок** полягає у тому, що автором обґрунтовано можливість поліпшення ремонту елементів, виготовлених з полімерних композиційних матеріалів, та запропонована конструкція спеціального різального інструменту для виготовлення ремонтних технологічних поверхонь в елементах з ПКМ. Постановка задач досліджень і аналіз отриманих результатів здійснювалися разом з науковим керівником.

**Публікації.** За матеріалами дисертації опубліковано 3 статті у провідних наукових виданнях, 3 тез доповідей на наукових конференціях.

**Структура дисертації.** Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків. Повний обсяг дисертації складає \_\_ сторінок; з них 25 ілюстрацій по тексту, 13 таблиць по тексту, переліку посилань з 34 джерел на трьох сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету, об'єкт, предмет дослідження і задачі, які автор розв'язує у роботі. Окреслено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Подано відомості про апробацію, публікації та структуру дисертаційної роботи.

У **першому розділі** проводиться визначення, характеристика та класифікація композиційних матеріалів. Також приділено увагу вибору типу

зв'язки при створенні композиційних матеріалів та властивостям композиційних матеріалів та факторам, які впливають на особливості КМ при обробці та ремонті.

На основі виконаного аналізу було вибрано тип композиційного матеріалу на якому будуть проводитися експерименти по ремонту елементів. Цим матеріалом є полімерний композиційний матеріал - скловолокно, яке було виготовлене для експериментів власноруч.

У другому розділі були визначені характеристики пошкоджень в елементах з полімерних композиційних матеріалів.

Опираючись на результати аналізу інформації про експлуатаційні пошкодження в елементах з вуглепластика та органопластика на літаках АН показують, що найбільш розповсюдженими серед них є пробої (наскрізні та ненаскрізні), тріщини, розшарування, розм'якшення та зломи (Рис. 1), що є також характерними для елементів з ПКМ в автомобілях. Дані експлуатаційні пошкодження, здебільш, є результатом ударів, абразивного зносу, втоми, негерметичності зовнішнього шару та ін.

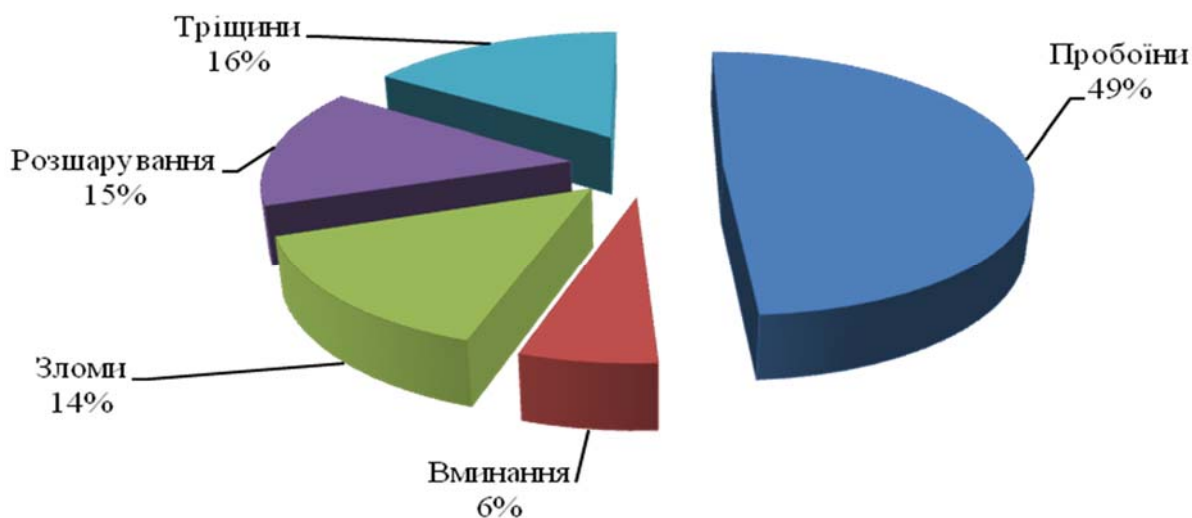


Рисунок 1 - Частота виникнення різних пошкоджень в елементах з вуглепластику

Відмінною рисою полімерних КМ є крихкість та, пов'язана з нею, підвищена чутливість до механічних ударних навантажень та концентраторів напружень. Загальною проблемою при розробці елементів конструкцій з КМ та процесів їх виготовлення є визначення стандартних та типових дефектів (визначення їх допустимих розмірів) з метою подальшої розробки технології їх ремонту.

Також враховуючи вимоги щодо ремонту елементів з композиційних матеріалів було розглянуто види ремонтних поверхонь та розроблено прогресивну технологічну поверхню для ремонту елементів з ПКМ (рис. 2).

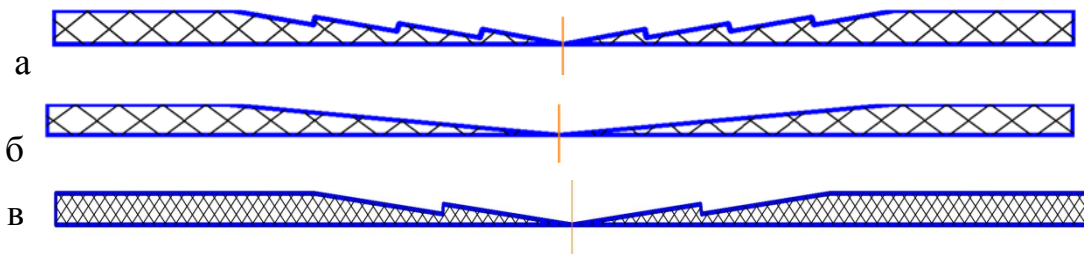


Рисунок 2 – стандартна конічна (а) та фасонні двоступінчаста (б) та чотирьохступінчаста (в) ремонтні поверхні

Після випробувань були отримані наступні значення граничних залишкових напружень: скошені поверхні та приформована латка  $\sigma_{zp} = 117,6$  МПа, що складає 33,84% від границі міцності  $\sigma_u$ ; зубчасто-ступінчасті поверхні та приформована латка  $\sigma_{zp}=112,5$  МПа (32,34% від  $\sigma_u$ ) ; зубчасто-ступінчасті поверхні та вклеєна вставка  $\sigma_{zp}=92,46$  МПа (26,61% від  $\sigma_u$ ).

Експерименти показали що після ремонту елементів з композиційного матеріалу стандартним методом міцність відновилась до 73% від початкового значення, а після ремонту з використанням фасонного ступінчастого профілю міцність складає 78% .

**В третьому розділі** проводився вибір та обґрунтування геометричних характеристик спеціального різального інструменту: визначення величини переднього кута, заднього кута, головного кута в плані та обґрунтування величини кута нахилу різальної кромки.

Отримавши величину значень геометричних параметрів, та знаючи форму технологічної поверхні в осьовому перерізі було спрофільовано різальну кромку інструменту.

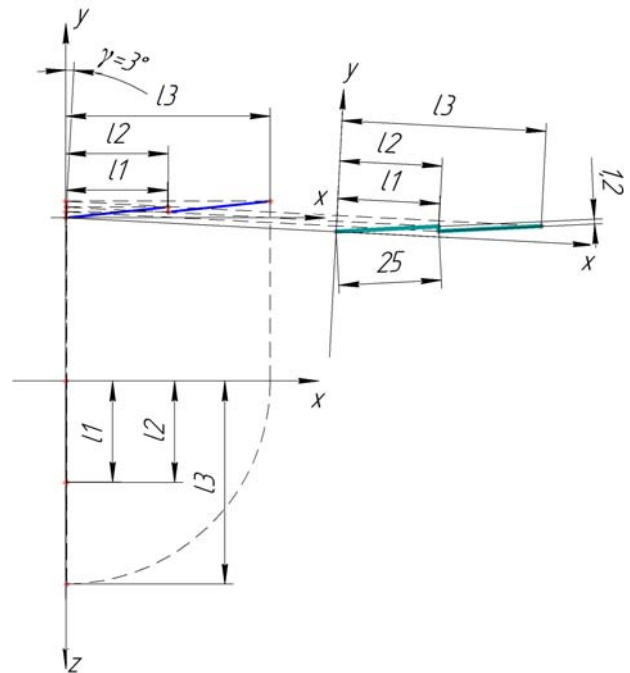
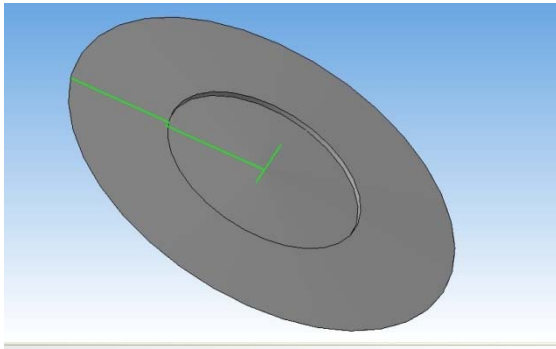


Рисунок 2 – вихідна інструментальна поверхня та профілювання різальної кромки

Визначено, що найбільший вплив на якість поверхневого шару, обробленого різанням композиту, мають ті умови різання, які найбільш впливають на енергетичні характеристики процесу різання: швидкість різання і радіус округлення різальної кромки за рахунок впливу на питому енергію різання, параметри зрізу і знос за рахунок впливу на енерговитрати процесу різання, а їх спільні дії визначають умови і ступінь руйнування по поверхнях розділу структурних компонентів.

Також в цьому розділі було розглянуто геометрію різального інструменту в кінематичній та статичній системах координат, побудовано тривимірну модель та креслення спеціального інструменту, визначено режими різання, виходячи із особливостей даного інструменту.

У четвертому розділі розглянуто правила охорони праці при роботі з полімерними композиційними матеріалами, роботі за свердлильними та фрезерними верстатами, роботі за комп'ютером. Також були розглянуті хвороби,



пов'язані з видами роботи, які проводилися під час виконання дисертації та їх профілактику.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення важливої науково-технічної задачі - вдосконалення процесу ремонту елементів із полімерних композиційних матеріалів. Для цього було сконструйовано спеціальний різальний інструмент та підібрано для нього режими різання. На основі функціонального підходу запропоновано нову конструкцію різального інструменту для обробки технологічних поверхонь для ремонту елементів з полімерних композиційних матеріалів. Розроблені поверхні дозволяють збільшити міцність ремонтних з'єднань та збільшити строк їхньої служби.

## СПИСОК ДРУКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ

1. Шевченко О. А., Поліщук Д.М. Міцність ремонтних з'єднань ПКМ з різними видами технологічних поверхонь. Матеріали XI міжнародної науково-технологічної конференції "АВІА-2013" – Т.3. – К., НАУ, 2013. С. 20.22-20.25
2. Поліщук Д.М., Глоба О.В. Відновлення працездатності листів з композиційного матеріалу. Тези доповідей загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів. НТУУ "КПІ", 2013. С. 54.
3. Поліщук Д.М., Глоба О.В. Методи ремонту елементів з композиційних матеріалів. Тези доповідей загально університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів. НТУУ "КПІ", 2013. С. 86.
4. О.А. Шевченко, О.В. Глоба, Д.Н. Полищук. Влияние вида технологических поверхностей на прочность ремонтных соединений ПКМ и проектирование специального режущего инструмента для обработки ремонтных поверхностей. Матеріали науково-технологічної конференції "Технологические системы", збірник №6 (59), ст..23-27. НАТ, 2013.
5. Полищук Д. Н., студ., Глоба А. В., доц., к.т.н." Восстановление работоспособности элементов из композиционных материалов". Матеріали науково-технологічної конференції "Технологические системы", збірник №6 (59). НАТ, 2013
6. О.А. Шевченко, О.В. Глоба, Д.Н. Полищук. Вплив виду ремонтних технологічних поверхонь на міцність з'єднань ПКМ і проектування спеціального різального інструменту для обробки ремонтних поверхонь. Краматорськ, 2013.

## АНОТАЦІЯ

**Поліщук Д.М.** На основі аналізу методів ремонту типових експлуатаційних пошкоджень в елементах конструкцій літальних апаратів із полімерних композиційних матеріалів запропоновано новий профіль форми технологічної поверхні для реалізації ремонту пошкоджень. Спроектовано конструкцію спеціального різального інструменту, експериментально досліджено вплив виду технологічної поверхні на міцність ремонтних з'єднань полімерних композиційних матеріалів і зроблені відповідні висновки.

**Ключові слова:** ПКМ, різальний інструмент, ремонт ПКМ, інструмент для ремонту ПКМ

## АННОТАЦИЯ

**Полищук Д.Н.** На основе анализа методов ремонта типовых эксплуатационных повреждений в элементах конструкций летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов предложен новый вид формы технологической поверхности для реализации ремонта пробоин. Спроектировано конструкцию специального режущего инструмента, экспериментально исследовано влияние вида технологической поверхности на прочность ремонтных соединений полимерных композиционных материалов и сделаны соответствующие выводы.

**Ключевые слова:** ПКМ, режущий инструмент, ремонт ПКМ, инструмент для ремонта ПКМ

## ABSTRACT

**Dmitry Polishchuk.** Based on an analysis of typical operating methods of repair of damage to aircraft structural elements made of polymer composite materials offered a new form of technology for surface repair of the holes. Custom designed special cutting tool design, experimental investigation of the influence of the type of technological strength at the surface of the repair compound polymer composite materials and appropriate conclusions.

Key words: PCM, cutting tool, repair PCM, cutting tools for repair PCM