

УДК 629.7

DOI: 10.18372/0370-2197.4(85).13881

Б. В. ОРЛОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ МАШИННИХ СТІБКІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D-КОНСТРУКЦІЙ З ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ІНТЕР'ЄРУ У ЛІТАКОБУДУВАННІ

Розглянуто схема якісного механізму при розшируванні багатощарового композиційного полімерного матеріалу прошитого човниковими стібками класу 300, схеми шибєрного та без шибєрного формування одноститкових ланцюгових стібків килимного типу класу 100, конструктивна схема таврової балки з тришарових композиційно-полімерних матеріалів 3D-форми. Вибрані матеріали, робочий інструмент згідно з ГОСТ 22249-82 «Голки для швейних машин» та обладнання для шиття 3D-конструкцій з композиційних полімерних матеріалів для авіаційної техніки.

**Ключові слова:** композиційні полімерні матеріали, тришарові 3D-конструкції, човникові стібки, ланцюгові килимні стібки, голки, петельник-шибєр.

**Вступ.** Елементи конструкцій з набору тришарових полімерних композитних матеріалів (ПКМ) у вигляді стрічок і тканин зі склопластику, полімерного сотового заповнювача, зв'язуючого матеріалу та клею широко використовується в літальних апаратах та стаціонарних технологічних машинах.

**Постановка завдання.** З таких матеріалів виготовляють таврові конструкції для підлоги, інтер'єру пасажирських кабін і кабін пілотів. Прошивання елементів тришарових конструкцій композиційних полімерних матеріалів (КПМ), як найбільш перспективний спосіб створення 3D-конструкцій, замінює клейові, зварювальні та механічні способи з'єднань, які є переважними у машинобудуванні. Використання способів і обладнання для зшивання і прошивання 3D-конструкцій у літакобудуванні забезпечує підвищення міцності з'єднань на розрив і на зрушення багатощарових ПКМ, забезпечує підвищення ударної міцності і енергії, що поглинається при ударних навантаженнях, значне уповільнюється поширення тріщини і розширення в таких конструкціях (рис. 1). Фірми HEXCEL і EURO-COMPOSITEN виготовляють широку номенклатуру КПМ і напівфабрикатів з них [1].

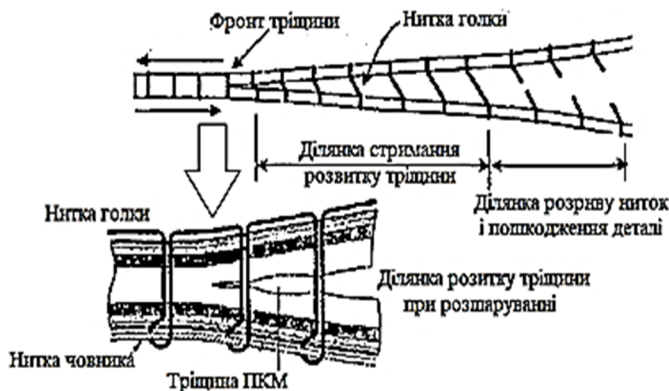


Рис 1. Схема якісного механізму руйнування батошарового КПМ при розширування прошитого човниковими стібками класу 300

**Результати дослідження.** Для виготовлення конструкцій складної 3D-форми з ПКМ спочатку отримують 3D-преформу з текстилю, яка потім перетворюється у 3D-форму конструкцію з ПКМ. Така технологія не потребує операцій і обладнання для зшивання та для прошивки ПКМ. Але при цьому значні трудові і матеріальні затрати відбуваються при створенні 3D-преформи з текстилю, яка виготовляється на спеціальному ткацькому або в'язальному обладнанні цільового призначення. Преформа – це заготовка з армуючого матеріалу (вуглецевого волокна, скловолокна, органоволокна або текстилю), яка поміщається в формоутворювальне обладнання, просочується сполучною і в результаті отримують 3D-виріб з композитного матеріалу [2]. При виготовленні конструкцій таврового типу з тришарових ПКМ 3D-преформа з текстилю не виготовляється, а її функцію виконують човникові і килимні петлі при зшиванні і прошиванні КПМ і при утворенні 3D-конструкції.

На рис. 2 і рис. 3 наведені схеми способів прошивання 3D-конструкцій з ПКМ на брошурувальних нитко-швейних машинах-напівавтоматах БНШ-6 Київполіграфмаш (голки тип 2 без вушка і без гачка на кожну з швейних секцій на схемах не зображені). Такі ж схеми утворення стібка застосовані у функціонально-адекватних нитко-швейних секціях машин-напівавтоматів фірм Німеччини Aster EL, Vrehmer 381/1, Purlux SXB-430 та швейних машин-напівавтоматів інших фірм.

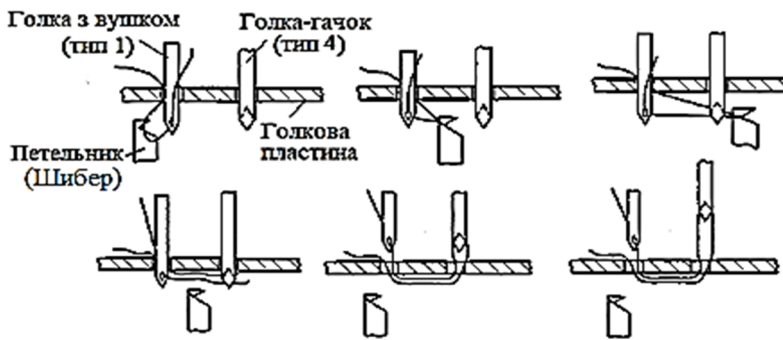


Рис.2. Схема утворення одониткового ланцюгового килимного стібка класу 100

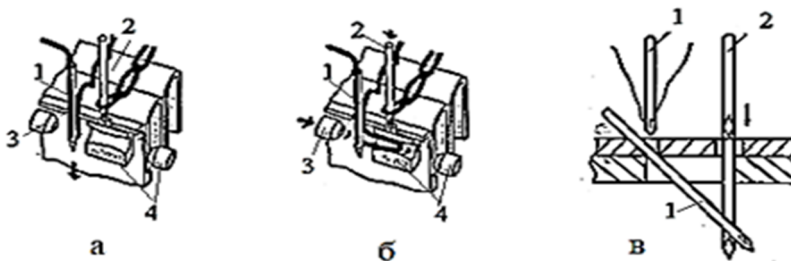


Рис.3. Схеми для безшиберних способів прошивання 3D-конструкцій з ПКМ: а та б – з використанням «пневмо-петельника»; в – з використанням двох голок типу 1 та голки типу 4 по ГОСТ 22249-82

Зусилля проколу 1 шару КПМ може становити більше 100 ... 300 Н. Тому в швейних машинах-напівавтоматах крім типових механізмів [3] повинен бути також механізм голки (голок) без вушка (тип 2 модель 0897-01 ГОСТ 22249-82) для попереднього проколу пакета з КПМ. Такі голки мають стрижень тип 13, колбу тип 01 та вістря тип 01. Особливістю прошивки одонитковими ланцюго-

вими килимними стежками є також те, що при проколі голкою КПМ голкова нитка проходить крізь матеріал і потім після виходу з матеріалу утворює з одного боку матеріалу пучки витягнутих килимних петель. Такий спосіб прошивання отримав назву – одностороння шиберна прошивка (рис. 2). Безшиберні способи прошивання 3D-конструкцій з ПКМ зображені на рис. 3 з використанням «пневно-петельника» та з використанням двох голок типу 1 та голки типу 4 по ГОСТ 22249-82. Після подачі зв'язуючої речовини (при автоклавному або без автоклавного формуванні) витягнуті килимні петлі просочуються зв'язуючою речовиною, притискаються до поверхні деталі і тверднуть при полімеризації зв'язуючої речовини (рис 4).

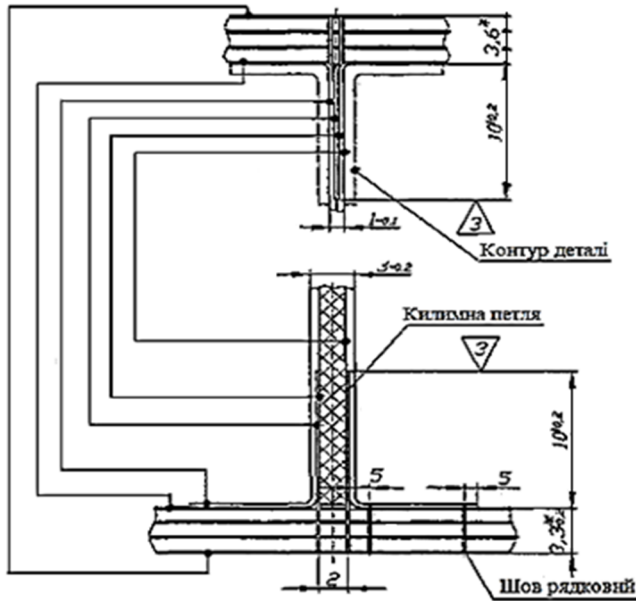


Рис.4. Конструктивна схема таврової балки з тришарових КПМ

Доцільне застосування наступних матеріалів для прошивання тришарових таврових 3D-конструкцій стібками довжиною 4...8 мм:

Вуглематеріали:

- лента «ЭЛУР-IT-A ГОСТ 28006-88»;
- лента «УОЛ-300-1А ТУ 1916-167-05763346-96»;
- тканина вуглецева марки А «ткань УТ900-3А ТУ 1916-155-05763346-95»;

Параамідні тканини:

- ТВАРОН, ф. AKZO NOBIL, Нідерланди;
- КЕВЛАР, ф. Дюпон, США;

Прошивання пакетів наповнювачів повинне відбуватися у різному технологічному стані: для сухого матеріалу товщиною до 10 мм та для препрега на сполучниках типу 5-21БН Т159-1016-01 або типу ЕТД-69Н Т159-1932-87 товщиною до 7 мм.

Типи швейних ниток:

- нитка вуглецева «Нить УКН-П/5000 «А» ТУ 6-06-31-481-84»;
- нитка поліамідна ВМС-6 ТУ 6-11-205-71»;
- нитка поліамідна ЗК ОТС 17-330-84.

Натяжіння нитки шва для сухого матеріалу 5...7 кгс, для препрега 8...10 кгс.

Голки обіраються по ГОСТ 22249-82 «Иглы к швейным машинам» з урахуванням довжини стержню голки і зусилли проколювання матеріалів по формулі:[3]:

$$d = \sqrt{\frac{\mu \cdot l_p}{\pi} \sqrt{\frac{k \cdot P}{E \cdot J_*}}},$$

де  $P$  – критична сила, перевищення якої згинає і руйнує голку, визначається експериментальним методом;  $k = 10$  – коефіцієнт запасу міцності голки;  $E = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$  – модуль пружності матеріалу голки;  $J_* = 0,03 \cdot d^4$  – момент інерції поперечного перерізу стержня голки;  $(\mu \cdot l_p)$  – приведена довжина стержня голки, що включає дійсну довжину стержня  $l_p = L - l$  та коефіцієнт  $\mu$ , який враховує умови закріплення кінця стержня голки.

В таблиці 1 наведені можливі варіанти для вибору робочих інструментів нитко-прошивних машин для виготовлення тришарових 3D-конструкцій з полімерних композитних матеріалів. прямі з гачком і коліном

Таблиця 1

### Робочі інструменти нитко прошивних машин для різних способів прошивання ПКМ

Рух по осям координат та в площині	Робочі інструменти						
	Голка (тип 1) ГОСТ 22249-82	Голка з гачком (тип 4)	Голка з гачком і коліном (тип 5)	Голка без вушка (тип2)	Петельник (шибер)		
					OX	OY	OZ
Зворотно-поступовий по осі OZ	+	+	-	+	+	+	+
Зворотно-поступовий по осі OY	+	-	+	+	+	+	+
Колливний в площині OZX	+	+	+	-	+	+	+
Поворот по осі OZ	-	+	+	-	-	-	-

**Висновки.** Схема якісного механізму руйнування багатошарового композитного полімерного матеріалу, зшитого стібками класу 300 і килимними стібками класу 100 встановлює повільне розшарування прошарків конструкції інтер'єру салону літака та інших приміщень із затримку в часі руйнування конструкції інтер'єру при позаштатною ситуацією. Показана можливість застосування швейних технологій і спеціального швейного обладнання для створення тришарових конструкцій 3D-форми з КРМ для внутрішнього оздоблення літаків. Надані рекомендовані матеріали, робочі інструменти по ГОСТ 22249-82 «Голки для швейних машин» і обладнання для шиття тривимірних конструкцій з композиційних полімерних матеріалів для інтер'єру літаків.

---

### Список літератури

1. Воропаев С.А. Слоистые конструкции из композиционных материалов и их соединение / С.А.Воропаев, П.И. Горобец, А.З. Дрейрин и др. – Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, №43, 2009, с. 37-45.
2. Донецкий К.И. Объёмные текстильные преформы, используемые при изготовлении композиционных материалов / К.И. Донецкий, А.Е. Раскутин, П.А. Хилев и др. – Труды ВИАМ, №9, 2015, с.77-85.
3. Пищиков В.О. Проекування швейних машин / В.О. Пищиков, Б.В. Орловський.- Київ: Видавничо-поліграфічний дім «Формат». – 2007. – 320 с.

Стаття надійшла до редакції 25.08.2019.

**Орловський Броніслав Вікентійович** – доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну, професор кафедри прикладної механіки та машин, вулиця Немировича-Данченка, 2, Київ, 01011; тел.: 050-237-24-25; e-mail: mlp-knutd@ukr.net.

ORLOVSKIY B. V.

## ANALYSIS OF APPLICATION OF MACHINE STITCHES FOR MANUFACTURE OF 3D CONSTRUCTIONS FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS FOR AIRCRAFT

The article provides a diagram of the qualitative mechanism of destruction of a multilayer composite polymer material sewn with class 300 seams. The article also discusses methods for forming three-layer composites formed by stitches for class 100 carpets, and a method for forming a three-dimensional PCM shape for aircraft interior lining. Recommended materials, working tools in accordance with GOST 22249-82 "Needles for sewing machines" and equipment for sewing three-dimensional structures from composite polymer materials for aircraft are presented.

The article presents samples of firmware for three-dimensional designs from PCM on semi-automatic sewing machines BNSh-6 Kievpolygraphmash (needles of the 2nd type without a loop and without a hook for each of the 6 sewing sections are not shown in the diagrams). The same firmware methods are used in functionally adequate sewing sections of semi-automatic machines of German companies Aster EL, Brehmer 381/1, Purlux SXB-430 and semi-automatic sewing machines of other companies. The puncture force of 1 layer of PCM can exceed 100 ... 300 N. Therefore, in addition to typical mechanisms, semi-automatic sewing machines must have a needle mechanism with a needle without an eye (type 2, model 0897-01 according to GOST 22249-82) for preliminary punctures. These needles have a type 13 core, a type 01 flask, and a type 01 flask. The peculiarity of sewing with carpet stitches is that when the needle pierces the KPM, the needle thread passes through the material and carpet loops form on the opposite side of the object to be sewn. This firmware is called one-way gateway firmware. Examples of methods for manufacturing three-dimensional structures from PCM using the "pneumatic looper" and the use of two type 1 needles and type 4 needles according to GOST 22249-82 are given. After supplying the binder (with or without autoclaving), a thread of elongated carpet-type loops seeps through the binder, is pressed to the surface of the part and hardens during the polymerization of the binder. The article provides examples of the application of sewing technologies and equipment in the aviation industry.

**Key words:** composite polymeric materials, three-layer 3D designs, shuttle stitches, carpet seams, needles, looper, retractor

### References

1. Voropaev S.A. Sloystye konstrukcyi yuz kompozitsionnykh materialov yux soedyneniye / S.A.Voropaev, P.Y. Gorobecz, A.Z. Drejryn y dr. – Otkrytye ynforyatsionnyye kompyuternyye yntegrirovannyye tekhnology, #43, 2009, c. 37-45.
2. Doneczkyj K.Y. Obymnye tekstylnyye preformy, yspolzuemye pry yzgotovleniy kompozitsionnykh materialov / K.Y. Doneczkyj, A.E. Raskuty'n, P.A. Xylov y dr. – Trudy VYAM, #9, 2015, s.77-85.
3. Pyshhy'kov V.O. Proektivannyya shvejny'x mashyn / V.O. Pyshhy'kov, B.V. Orlovskiy.-Ky'yiv: Vy'davny'cho-poligrafichny'j dim «Format». – 2007. – 320 s.